

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Αναλογία παραβενθικών προς πελαγικά ψάρια στη Μεσόγειο και τη
Μαύρη Θάλασσα»**

Πορλού Δέσποινα

ΒΟΛΟΣ 2012

**«Αναλογία παραβενθικών προς πελαγικά ψάρια στη Μεσόγειο και τη
Μαύρη Θάλασσα»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

1) Τσίκληρας Αθανάσιος, Λέκτορας, Θαλάσσια Βιολογία – Αλιευτικά Αποθέματα, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων.***

2) Δημήτριος Βαφείδης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση - έμμεση χρηστικότητα τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***

3) Κορμάς Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Οικολογία Υδρόβιων Μικροοργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της προπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους αυτούς που συνέβαλαν στο να τη φέρω σε πέρας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής κ. Τσίκληρα Αθανάσιο, Λέκτορα του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την συνεχόμενη αρωγή του αλλά και την ειλικρινή βοήθειά του κατά την διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας προπτυχιακής εργασίας.

Εν συνεχεία θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες σου στα μέλη της τριμελούς επιτροπής κ. Δημήτριο Βαφείδη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, και κ. Κωνσταντίνο Κορμά, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή και τις χρήσιμες συμβουλές τους.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, που μου έδωσε την ευκαιρία να λάβω την Πανεπιστημιακή εκπαίδευση και με υποστήριζε συνεχώς και αδιαλείπτως σε κάθε πρόβλημα που προέκυπτε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο λόγος παραβενθικών προς πελαγικά ψάρια (demersal/pelagic, D/P) είναι ένας δείκτης που χρησιμοποιείται για να διερευνηθεί η επίδραση της αλιείας στους οργανισμούς και το οικοσύστημα, καθώς υπολογίζει ποια κατηγορία ειδών αλιεύεται και επομένως αφαιρείται με υψηλότερο ρυθμό από το οικοσύστημα. Συνεπώς, ο δείκτης χρησιμοποιείται ως ένδειξη των επιπτώσεων της αλιείας στα θαλάσσια οικοσυστήματα.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η διακύμανση του δείκτη D/P στις συλλήψεις ψαριών (με βάση τα επίσημα στοιχεία που αναφέρονται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας, FAO) των επτά αλιευτικών υποπεριοχών της Μεσογείου και των τριών της Μαύρης Θάλασσας για το χρονικό διάστημα 1970 - 2005. Μαζί με τα παραβενθικά ομαδοποιήθηκαν τα βενθοπελαγικά και τα βενθικά είδη. Στο σύνολο της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας, ο δείκτης D/P ήταν σταθερός με μικρές διακυμάνσεις για το διάστημα 1970-1989 (μέσος D/P=0,17), αυξήθηκε στη μέγιστη τιμή του το 1991 (D/P=0,34) και μειώθηκε έκτοτε. Στις πέντε αλιευτικές υποπεριοχές της Μεσογείου παρατηρήθηκε μείωση του δείκτη D/P (Βαλεαρίδες, Σαρδηνία, Αδριατική, Ιόνιο και Λεβαντίνη) και σε δύο διακύμανση χωρίς τάση (Κόλπος Λεόντων και Αιγαίο).

Όσον αφορά τη Μαύρη Θάλασσα, σε μία υποπεριοχή παρατηρήθηκε μείωση του δείκτη D/P (κυρίως Μαύρη Θάλασσα), σε μία αύξηση (Αζοφική) και σε μία διακύμανση χωρίς τάση (Μαρμαράς). Γενικά, η μείωση του δείκτη D/P υποδεικνύει ότι οι οργανισμοί που ζουν κοντά ή πάνω στον πυθμένα λιγοστεύουν σε σχέση με αυτούς που ζουν στην πελαγική ζώνη και ότι η αλιεία βασίζεται ολοένα σε

μικρότερους οργανισμούς, χαμηλότερου τροφικού επιπέδου όπως η σαρδέλα *Sardina pilchardus* και ο γαύρος *Engraulis encrasicolus*.

Οι χαμηλές τιμές του δείκτη D/P υποδεικνύουν επίσης ότι, στις περισσότερες περιοχές, παρατηρείται υπερεκμετάλλευση των παραβενθικών, βενθικών και βενθοπελαγικών αποθεμάτων σε σχέση με τα πελαγικά και ότι αυτό οφείλεται στα συρόμενα αλιευτικά εργαλεία.

Λέξεις – κλειδιά: συλλήψεις, Μεσόγειος Θάλασσα, Μαύρη Θάλασσα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Μεσογειακή - Ελληνική αλιεία	3
1.2 Αλιευτικά μοντέλα και δείκτες	5
1.3 Δείκτης D/P	8
1.4 Σκοπός	9
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	10
2.1 Περιοχή έρευνας.....	10
2.1.1. Μεσόγειος.....	11
2.1.2. Μαύρη θάλασσα	12
2.2 Διαχωρισμός υποπεριοχών.....	14
2.3 Γενική Επιτροπή Αλιείας	14
2.4 Βάση δεδομένων του FAO.....	15
2.5 Παραβενθικά και πελαγικά ψάρια	16
2.6 Δείκτης D/P	16
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	18
3.1 Μεσόγειος και Μαύρη Θάλασσα	18
3.2 Βαλεαρίδες (υποπεριοχή 1.1).....	20
3.1 Κόλπος Λεόντων (υποπεριοχή 1.2).....	21
3.2 Σαρδηνία (υποπεριοχή 1.3)	22
3.3 Αδριατική (υποπεριοχή 2.1).....	23
3.4 Ιόνιο (υποπεριοχή 2.2)	24

3.5	Αιγαίο (υποπεριοχή 3.1).....	25
3.6	Λεβαντίνη (υποπεριοχή 3.2)	26
3.7	Θάλασσα του Μαρμαρά (υποπεριοχή 4.1).....	27
3.8	Μαύρη θάλασσα (υποπεριοχή 4.2)	28
3.9	Αζοφική θάλασσα (υποπεριοχή 4.3)	29
4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	33
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	44
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45
6.1	Ελληνική βιβλιογραφία	45
6.2	Ξένη βιβλιογραφία	45
6.3	Ηλεκτρονική βιβλιογραφία	53
7.	ABSTRACT	54

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκμετάλλευση των θαλάσσιων πόρων έχει μακρά ιστορία στη Μεσόγειο θάλασσα. Ωστόσο, η αλιευτική έρευνα και διαχείριση αναπτύχθηκαν μετά τον Β^ο Παγκόσμιο Πόλεμο, ιδίως στο βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης (Ferrugio et al. 1993). Στο πλαίσιο της διαχείρισης έχουν εκφραστεί ανησυχίες σχετικά με την εντατική αλιεία, που οδηγούσε σε ανισορροπίες στη λειτουργία των οικοσυστημάτων, με αλυσιδωτές επιπτώσεις στη δομή του οικοσυστήματος (Pinnegar et al. 2000), γεγονός που επιβεβαιώθηκε με την πάροδο των ετών, καθώς παρατηρήθηκε μείωση της αφθονίας των αποθεμάτων (Pinnegar & Polunin 2004).

Η αλιευτική δραστηριότητα έχει προταθεί ως η πρώτη μεγάλη ανθρώπινη ενόχληση για τις παράκτιες περιοχές (Jackson et al. 2001). Τα θαλάσσια οικοσυστήματα έχουν τροποποιηθεί σε πολλά σημεία λόγω της υπερεκμετάλλευσης των βιολογικών πόρων, των παράκτιων περιοχών, την εισαγωγή ξενικών ειδών, τη ρύπανση καθώς και την κλιματική αλλαγή, με πολλά είδη σήμερα να απειλούνται με εξαφάνιση (Bianchi & Morri 2000). Οι επιπτώσεις της αλιείας θα μπορούσαν να ταξινομηθούν γενικά σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τις επιπτώσεις στο επίπεδο του οικοσυστήματος και η δεύτερη σε εκείνες που αναφέρονται στο επίπεδο του κύκλου ζωής των ειδών (Stergiou 2000). Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι τα αποτελέσματα και στις δυο κατηγορίες, τα οποία μπορεί να είναι είτε άμεσα είτε έμμεσα, αλληλεπιδρούν έντονα μεταξύ τους.

Η ποσότητα των πληροφοριών για τους αλιευτικούς πόρους στη Μεσόγειο είναι διαθέσιμη για μεγάλο αριθμό ειδών καθώς και για τις ελληνικές θάλασσες

(Stergiou et al. 1997). Τα αλιευτικά δεδομένα συχνά συλλέγονται από ερευνητικά προγράμματα στη θάλασσα, στα λιμάνια εκφόρτωσης και από συστήματα ημερολογίων για την εμπορική αλιεία και τις ανεξάρτητες έρευνες (Hilborn & Walters 1992). Τα δεδομένα που συλλέγονται από την αλιεία περιλαμβάνουν συλλήψεις ή εκφορτώσεις, απορριπτόμενα αλιεύματα, συλλήψεις ερασιτεχνικής αλιείας και παρεμπόμποντα αλιεύματα. Οι συλλήψεις από την αλιεία αποτελούν τη συνολική βιομάζα που αφαιρείται από το οικοσύστημα. Το τμήμα της σύλληψης που θα φθάσει στις ιχθυόσκαλες και θα καταγραφεί ονομάζεται εκφόρτωση, ενώ το υπόλοιπο που θα καταλήξει πίσω στη θάλασσα απόρριψη. Τα αλιεύματα που δεν αποτελούν στόχο της αλιείας ονομάζονται παρεμπόμποντα (Στεργίου και συν. 2011).

Ωστόσο, παρά τη μακρά ιστορία της αλιευτικής εκμετάλλευσης της Μεσογείου, τα δεδομένα σχετικά με την εκτίμηση της αφθονίας με την ηλικία ή το μήκος είναι ελλιπή. Η έλλειψη δεδομένων αφθονίας αποτελεί εμπόδιο για την εκτίμηση των αποθεμάτων στη Μεσόγειο, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη αβεβαιότητα κατά τον υπολογισμό μερικών βιολογικών παραμέτρων και κατά συνέπεια στη διαχείριση αυτού του μεγάλου θαλάσσιου οικοσυστήματος στο σύνολο του (Leonart & Maynou 2003). Η αξιολόγηση των αποθεμάτων μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων η ποσότητα των αλιευτικών διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με την εκτίμηση των παραμέτρων (Restrepo 1999). Έτσι η αλιευτική έρευνα θεωρείται απαραίτητη, καθώς με αυτή πραγματοποιείται η συλλογή δεδομένων για τη βιολογία των ειδών, την εξάπλωση και τη δυναμική των αλιευτικών πόρων, δεδομένα που είναι χρήσιμα για την εκτίμηση των αποθεμάτων και κατ' επέκταση την αειφορική διαχείριση τους.

Όπως προαναφέρθηκε, οι ιστορικές πληροφορίες είναι σχετικά ελλιπείς σε ένα τύπο αλιείας και αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους, όπως η έλλειψη

χρηματοδότησης για τη λειτουργία ενός συστήματος συλλογής δεδομένων καθώς και η έλλειψη εμπειρίας για τον προσδιορισμό βασικών πληροφοριών απαραίτητων για την αξιολόγηση των αποθεμάτων (Chen et al. 2001). Επίσης, η απουσία ιστορικών πληροφοριών πιθανώς να συνδέεται με τη χαμηλή ποιότητα αξιολόγησης των αποθεμάτων, η οποία οφείλεται κυρίως στην έλλειψη γνώσεων. Ως αποτέλεσμα, η ανεπάρκεια σε ποσοτικά δεδομένα τείνει να αποδώσει λανθασμένη αξιολόγηση της κατάστασης των αλιευτικών αποθεμάτων και να περιπλέξει την εφαρμογή της βέλτιστης διαχείρισης (Briand 2000).

Η αλιευτική προσπάθεια έχει αυξηθεί έντονα κατά τα τελευταία έτη, τα ποσοστά αλιευμάτων της Μεσογείου έχουν μειωθεί κατά πολύ, ενδεχομένως ως αποτέλεσμα της υπεραλίευσης που αποτυπώνεται επίσης στη μείωση του μέσου τροφικού επιπέδου και συνεπώς του μέσου μήκους των ψαριών (Pauly et al. 1998a, Stergiou & Koulouris 2000). Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται όταν υψηλότερου τροφικού επιπέδου είδη υπεραλιεύονται και απομακρύνονται από το οικοσύστημα με γρηγορότερους ρυθμούς και σταδιακά αντικαθίστανται από χαμηλότερου τροφικού επιπέδου οργανισμούς. Έτσι, για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί βέλτιστη διαχείριση, σύμφωνα με τον FAO (2005), η ορθή διαχείριση της αλιείας προϋποθέτει τη ρύθμιση της χρήσης των πόρων με βάση την κατανομή της δομής και της δυναμικής του οικοσυστήματος. Σύμφωνα με αυτά, τα αποθέματα πρέπει να παρακολουθούνται σε ετήσια βάση, να γίνεται εκτίμηση της αφθονίας και της κατάστασης τους και τα διαχειριστικά μέτρα να προσαρμόζονται από χρόνο σε χρόνο (Stergiou et al. 1997).

1.1 Μεσογειακή - Ελληνική αλιεία

Η δομή και τα χαρακτηριστικά της Μεσογειακής αλιείας δυσχεραίνουν την καταγραφή βασικών δεδομένων, όπως η ποσότητα και η σύνθεση της αλιευτικής

παραγωγής, που σε άλλα αλιευτικά συστήματα είναι υπόθεση ρουτίνας. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι ο μεγάλος αριθμός σκαφών, η παρουσία πολλών σημείων εκφόρτωσης και η απουσία βιομηχανοποιημένου συστήματος παραγωγής (Leonart & Maynou 2003).

Η σύγχρονη μεσογειακή αλιεία περιλαμβάνει κυρίως δύο τύπους, την παράκτια αλιεία, που ασκείται από μικρά σκάφη (χρησιμοποιούν πεζότρατες, παραγάδια, δίχτυα και παγίδες) κατά μήκος των μεσογειακών ακτών, καθώς και την αλιεία που ασκείται με μεγάλα, καλά εξοπλισμένα μηχανοκίνητα σκάφη, όπως γρι-γρι για την αλιεία πελαγικών ειδών (pelagic) και μηχανότρατες για την αλιεία παραβενθικών ειδών (demersal), στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα (Stergiou & Koulouris 2000). Τα μεσογειακά αλιεύματα αποτελούνται κυρίως από μικρά και μεσαία πελαγικά ψάρια (γαύρος *Engraulis encrasicolus*, σαρδέλα *Sardina pilchardus*, σκουμπρί *Scomber scombrus*, φρίσσα *Sardinella aurita*, κολιός *Scomber colias*), από παραβενθικά ψάρια (μπακαλιάρος *Merluccius merluccius*, κουτσομούρα *Mullus barbatus*, μαρίδα *Spicara smaris*, μπαρμπούνη *Mullus surmuletus*), καθώς και από μεγάλα πελαγικά ψάρια (ερυθρός τόνος *Thunnus thynnus* και ξιφίας *Xiphias gladius*).

Ακόμη, πρέπει να τονιστεί ότι η Μεσόγειος διαφοροποιείται σημαντικά από άλλες θαλάσσιες περιοχές, επειδή δεν εμφάνισε μέγιστα στην αλιευτική παραγωγή κατά τη χρονική περίοδο 1970 - 1985, όπως συνέβη στον Ειρηνικό και Ατλαντικό ωκεανό (Stergiou 2002). Απεναντίας, η μεσογειακή αλιευτική παραγωγή εμφανίζει τα τελευταία χρόνια μια αυξητική τάση, η οποία μπορεί να αποδοθεί τόσο στον ευτροφισμό και τον εμπλουτισμό της Μεσογείου με θρεπτικά συστατικά μέσω των εκροών των ποταμών, όσο και από την έντονη αύξηση της αλιευτικής προσπάθειας, τη ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη των αλιευτικών σκαφών και εργαλείων καθώς και

από τις υψηλές τιμές πώλησης πολλών ειδών που συνεχώς αυξάνονται (Coll et al. 2006).

1.2 Αλιευτικά μοντέλα και δείκτες

Η σημερινή κατάσταση της αλιείας αναφέρει ότι οι παραδοσιακές προσεγγίσεις για μια ενιαία διαχείριση των ειδών είναι ανεπαρκείς για την αντιμετώπιση της δυναμικής των θαλάσσιων πληθυσμών (Pauly et al. 2002). Οι συνέπειες της αλιείας γίνονται αισθητές πολύ πιο πέρα από τα είδη που αποτελούν στόχους της αλιείας, με τη διαφοροποίηση της αφθονίας και των χωρικών κατανομών των ειδών και του φυσικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, τα βιολογικά (θήρευση, ανταγωνισμός) και φυσικά χαρακτηριστικά (κλίμα, θερμοκρασία, βροχοπτώσεις, αλατότητα) του περιβάλλοντος, επηρεάζουν διεργασίες μεταξύ άλλων όπως την αύξηση, την αναπαραγωγή και τη χωρική κατανομή των θαλάσσιων βιολογικών πόρων και συνεπώς της αλιευτικής παραγωγής (Shannon et al. 2008).

Στο πλαίσιο αυτό, τα μοντέλα οικοσυστημάτων και δεικτών διαδραματίζουν βασικό ρόλο στη βελτίωση της κατανομής, με τον καθένα από αυτούς τους παράγοντες καθώς και η μεταξύ τους αλληλεπίδραση να επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία του οικοσυστήματος. Έχοντας υπόψη τις σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πολύπλοκων απαιτήσεων των στοιχείων του οικοσυστήματος, η αξιολόγηση των επιπτώσεων της αλιείας και του περιβάλλοντος στο οικοσύστημα στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην κατασκευή ενός μοντέλου το οποίο πρέπει να είναι σε θέση να αναπαράγει τις βασικές πτυχές του παρατηρούμενου οικοσυστήματος, δηλαδή να αναπαράγουν τις παρατηρούμενες δυναμικές των στοιχείων του οικοσυστήματος, έτσι ώστε να είναι αξιόπιστο και να αποδίδει έγκυρα αποτελέσματα (Shepherd 1988).

Πολλά μοντέλα είναι διαθέσιμα για την αξιολόγηση των αποθεμάτων και μπορούν να προβλέψουν τη μέγιστη επιτρεπόμενη παραγωγή για διαφορετικές τιμές αλιευτικής προσπάθειας, με τη μέγιστη επιτρεπόμενη παραγωγή να επιτυγχάνεται όταν αφαιρείται η υψηλότερη παραγωγή χωρίς να επηρεαστεί το απόθεμα της επόμενης χρονιάς (Hilborn & Walters 1992). Τα μοντέλα αυτά διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό στη μαθηματική δομή, τις υποθέσεις τους, τις απαιτήσεις για δεδομένα, τις βιολογικές και οικολογικές επιπτώσεις και την παραγωγή. Η επιλογή ενός μοντέλου για ένα συγκεκριμένο τύπο αλιείας συχνά αποφασίζεται από την ποσότητα των διαθέσιμων πληροφοριών για την εκτίμηση των αποθεμάτων. Έτσι, μια οικονομικά ή και κοινωνικά σημαντική αλιεία, η οποία πιθανώς να έχει ένα μεγάλο εύρος δεδομένων, συχνά αξιολογείται χρησιμοποιώντας μοντέλα εκτίμησης των αποθεμάτων με υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας που περιγράφουν τις λεπτομέρειες της αλιευτικής διαδικασίας και απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων. Ωστόσο, για μια λιγότερο προσοδοφόρα αλιεία, η ποσότητα των πληροφοριών είναι περιορισμένη με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται πιο απλά μοντέλα για την αξιολόγηση των αποθεμάτων (Shepherd 1988, Quinn & Deriso 1999).

Λόγω της δυναμικής των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και τη δυσκολία διαχείρισης ενός είδους, η αλιευτική διαχείριση τείνει να εφαρμόζεται σε επίπεδο οικοσυστήματος (Pauly et al. 2002). Στο πλαίσιο αυτής της προσέγγισης χρησιμοποιούνται τα μοντέλα οικοσυστημάτων για τη διερεύνηση τροφικών αλληλεπιδράσεων, τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις της τοπικής αλιείας και της αλιείας που συνδέεται με οικολογικές διαταραχές (Pauly & Christensen 1996).

Το Ecopath with ecosim (EwE), είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιημένο μοντέλο οικοσυστήματος και ο αριθμός των μελετών που χρησιμοποιούν το μοντέλο αυτό έχει αυξηθεί την τελευταία δεκαετία (Christensen & Walters 2004). Το Ecopath

δημιουργήθηκε από την Polovina (1984) και στην συνέχεια αναπτύχθηκε από τους Christensen & Pauly (1992) και Walters et al. (1997). Προσδίδει μια αναπαράσταση του τροφικού πλέγματος και μπορεί να χρησιμοποιείται για να απεικονίσει τη δομή και τη λειτουργία του θαλάσσιου οικοσυστήματος και να υπολογίσει διαφορετικούς οικολογικούς δείκτες (Pauly et al. 2000, Christensen & Walters 2004, [http₁](#)).

Σε μια εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση, βρέθηκαν πάνω από 200 διαφορετικοί δείκτες για την αξιολόγηση της κατάστασης του οικοσυστήματος (Rice 2003). Οι δείκτες προκύπτουν κυρίως από τα αποτελέσματα μοντέλων ή στατιστικών αναλύσεων. Οι τροφοδυναμικοί δείκτες, κατατάσσονται εδώ σύμφωνα με τη σύνδεση τους με συγκεκριμένους στόχους, δηλαδή οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρίζουν μεμονωμένα στοιχεία του τροφικού πλέγματος (π.χ. πληθυσμός, είδη, ομάδες, τροφικό επίπεδο), καθώς και οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό της κατάστασης του οικοσυστήματος. Οι περισσότεροι δείκτες είναι απλά ή σύνθετα μοντέλα ροής (μάζας ή ενέργειας), αλλά ορισμένοι από αυτούς βασίζονται και σε άλλες μετρήσεις (π.χ. θέση στο τροφικό πλέγμα, τον αριθμό των τροφικών συνδέσεων) (Odum 1969, Christensen 1995, 2000).

Οι κύριοι ποσοτικοί δείκτες που έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετά για την εκτίμηση της κατάστασης των αποθεμάτων κάνοντας μια ανασκόπηση βιβλιογραφικά είναι η πρωτογενής παραγωγή που απαιτείται για την υποστήριξη της αλιείας (PPR) και εκφράζεται ως ποσοστό της συνολικής πρωτογενούς παραγωγής που διαθέτει το σύστημα κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου (Pauly & Christensen 1995). Ο δείκτης διακύμανσης τροφικού επιπέδου (TL), ορίζεται ως ο ακέραιος αριθμός που καθορίζει τη θέση των οργανισμών στο τροφικό πλέγμα (Lindeman 1942). Το μέσο τροφικό επίπεδο των αλιευμάτων μπορεί να υπολογιστεί για κάθε έτος και να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της βιωσιμότητας του οικοσυστήματος (Pauly et al. 2001).

Ακόμη, επειδή η παραγωγή είναι μεγαλύτερη σε χαμηλό TL, τα αλιεύματα έχουν την τάση να αυξάνουν, τουλάχιστον αρχικά, αν το TL μειώνεται (Pauly et al. 1998). Αυτή η διαδικασία οδήγησε τους Pauly et al. (2000) να προτείνουν το δείκτη αλιευτικής ισορροπίας (FiB).

Τα οικολογικά μοντέλα και κατ' επέκταση οι τροφοδυναμικοί δείκτες εφαρμόζονται σε όλο τον κόσμο για την υποστήριξη του οικοσυστήματος, με προσέγγιση τους θαλάσσιους πόρους. Τις τελευταίες δεκαετίες, πολυάριθμες εργασίες έχουν πραγματοποιηθεί στη Μεσόγειο θάλασσα, κυρίως με τη χρήση του μοντέλου Ecopath with Ecosim. Αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάλυση των σύνθετων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Ακόμη, πολλές εφαρμογές αναλύουν τις επιπτώσεις του οικοσυστήματος εξαιτίας της αλιείας και την αξιολόγηση των διαχειριστικών επιλογών. Με αυτόν τον τρόπο συγκεντρώθηκε ένας σημαντικός όγκος πληροφοριών, σε επίπεδο οικοσυστήματος. Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες για την ποσοτικοποίηση των διαθρωπικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των μεσογειακών θαλάσσιων οικοσυστημάτων, με αποτέλεσμα να τονιστεί η περιβαλλοντική ετερογένεια της Μεσογείου.

1.3 Δείκτης D/P

Ο δείκτης παραβενθικών προς πελαγικά ψάρια (D/P) είναι ένας δείκτης που χρησιμοποιείται, για να διερευνηθεί η επίδραση της αλιείας στους οργανισμούς και το οικοσύστημα, καθώς υπολογίζει ποια κατηγορία ειδών αλιεύεται με υψηλότερο ρυθμό (Tsikliras & Stergiou 2007). Ο δείκτης χρησιμοποιείται στη θαλάσσια επιστήμη, ως ένδειξη των επιπτώσεων της αλιείας στα θαλάσσια οικοσυστήματα, καθώς οι δείκτες αποτελούν μια συνοπτική εικόνα της δυναμικής του οικοσυστήματος και αποτελούν εργαλεία παρακολούθησης της πορείας προς τη βιώσιμη ανάπτυξη (Jennings 2005). Ακόμη, χρησιμοποιείται ως μια προσεγγιστική

μέθοδος για να εξερευνηθεί η μεταβλητότητα της συνολικής βιομάζας των ψαριών. Η σύζευξη των παραβενθικών με τα πελαγικά ψάρια, για τη δημιουργία του δείκτη μπορεί να εξηγηθεί από τις μεταξύ τους τροφικές αλληλοεπιδράσεις. Τα παραβενθικά είδη αποτελούνται από τους οργανισμούς που ζουν και τρέφονται κοντά ή πάνω στον πυθμένα. Τα περισσότερα εμπορικά είδη ανήκουν στην ομάδα αυτή. Το εύρος βάθους εκμετάλλευσης είναι συνήθως 10 έως 800 m, αλλά κυρίως στα 400 m. Πολλά διαφορετικά εργαλεία χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση αυτών των ειδών κυρίως όμως αλιεύονται από τις τράτες βυθού, ενώ πελαγικά είναι τα είδη που διαβιούν και τρέφονται στην υδάτινη στήλη, από την επιφάνεια έως τα 200 m βάθος και αλιεύονται από γρι – γρι.

1.4 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί ο δείκτης παραβενθικών προς πελαγικά ψάρια (D/P) για τις αλιευτικές περιοχές της Μεσογείου και της Μαύρης θάλασσας, με βάση τα επίσημα δεδομένα της αλιευτικής παραγωγής από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) και να μελετηθούν οι διακυμάνσεις του δείκτη για κάθε υποπεριοχή ξεχωριστά από το 1970 έως το 2005.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Περιοχή έρευνας

Η Μεσόγειος βρίσκεται στο βόρειο και ανατολικό ημισφαίριο της γης, ανάμεσα στις ηπείρους της Ευρώπης, της Ασίας και της Αφρικής. Η *Mare mediterraneum* (στα λατινικά) περιγράφει τη Μεσόγειο ως μια θάλασσα “στη μέση της γης”. Αυτή η λεκάνη αποτελεί τη μεγαλύτερη (έκτασης: 2.969.000 km²) και βαθύτερη (μέσο βάθος: 1.460 m, μέγιστο βάθος: 5.267 m) κλειστή θάλασσα της γης (Bianchi & Morri 2000). Αποτελεί μόνο το 1% της θαλάσσιας έκτασης του πλανήτη. Δυτικά εκτείνεται έως τα στενά του Γιβραλτάρ, ενώ ανατολικά έως τη διώρυγα του Σουέζ. Η Μαύρη Θάλασσα, γνωστή και ως Εύξεινος Πόντος, είναι εσωτερική, μεταξύ της νοτιοανατολικής Ευρώπης και της Μικράς Ασίας, συνδέεται με τη Μεσόγειο μέσω της θάλασσας του Μαρμαρά και με την Αζοφική θάλασσα μέσω του Ισθμού Κέρτς. Η Μεσόγειος χωρίζεται σε τρεις λεκάνες, τη δυτική την ανατολική και τη κεντρική (Εικ. 2.1).

Παρόλο που αντιπροσωπεύει το 0,8% της παγκόσμιας υδρόσφαιρας η Μεσόγειος είναι μια περιοχή με έντονη αλιευτική δραστηριότητα, με ακτογραμμή 40.000 km (Farrugio et al. 1993). Η παγκόσμια αλιευτική παραγωγή το 2006 ήταν 81.936.638 t εκ των οποίων οι 1.622.372 t προέρχονται από τη Μεσόγειο και τη Μαύρη θάλασσα (FAO 2006), δηλαδή περίπου το 1,9% της παγκόσμιας αλιευτικής παραγωγής.

2.1.1 Μεσόγειος

Η Μεσόγειος αποτελεί μια oligοτροφική θάλασσα σε σύγκριση με τις ωκεάνιες περιοχές. Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και δροσερούς, υγρούς χειμώνες. Η Μεσόγειος είναι μια περιοχή με ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά βιοποικιλότητας. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της Μεσογείου, είναι η συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών, δηλαδή η βιολογική παραγωγή η οποία μειώνεται από το βορρά προς το νότο και από τα δυτικά προς τα ανατολικά και είναι αντιστρόφως ανάλογη με την αύξηση της θερμοκρασίας και της αλατότητας, η οποία μειώνεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά (Bianchi & Morri 2000). Η μόνη εξαίρεση της συνολικά oligοτροφικής μεσογειακής θάλασσας, είναι η ευτροφική περιοχή στο πιο βόρειο κομμάτι της Αδριατικής θάλασσας, γεγονός που οφείλεται στη διάθεση μεγάλου αριθμού αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων από τις εκβολές των ποταμών του βορρά. Ακόμη, ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της Μεσογείου είναι οι μεγάλες τιμές αλατότητας που παρουσιάζονται εξαιτίας της μεγάλης εξάτμισης των υδάτων. Αυτό δείχνει ότι η Μεσόγειος είναι πολύ ετερογενής (Coll et al. 2011).

Ακόμη, η Μεσόγειος είναι μια θάλασσα με ιδιαιτερότητες, καθώς η δυσκολία στην ανανέωση των υδάτων της αποτελεί έναν εξαιρετικά επιβαρυντικό παράγοντα για το θαλάσσιο περιβάλλον. Απαιτούνται περίπου 40-50 χρόνια για να γίνει πλήρης ανανέωση των υδάτων της. Αυτό σημαίνει ότι οι αυξημένοι ρύποι που καταλήγουν στη Μεσόγειο παραμένουν εγκλωβισμένοι στην σχεδόν κλειστή αυτή θάλασσα και ακόμα και αν σταματήσει τώρα οποιαδήποτε ρύπανση θα απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα προκειμένου να ανανεωθεί. Κάθε μέρα εξατμίζονται από τη Μεσόγειο 4144 Km³. Η Μεσόγειος καλύπτει 2,5 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα και

περιλαμβάνει περίπου 4,3 εκατομμύρια νερό. Αποτελεί το 1% της θαλάσσιας έκτασης του πλανήτη.



Εικόνα 2.1: Χάρτης της Μεσογείου (<http://>).

2.1.2. Μαύρη θάλασσα

Η Μαύρη Θάλασσα είναι μία εσωτερική θάλασσα μεταξύ της νοτιοανατολικής Ευρώπης και της Μικράς Ασίας. Συνδέεται με τη Μεσόγειο Θάλασσα μέσω του Βοσπόρου και της Θάλασσας του Μαρμαρά, και με τη Θάλασσα του Αζόφ μέσω του Ισθμού του Κερτς. Στην Μαύρη Θάλασσα, η συμβολή γλυκών νερών είναι άφθονη σε σχέση με την επιφανειακή εξάτμιση και την ποσότητα διαλυμένων αλάτων στα νερά της θάλασσας. Το αποτέλεσμα είναι ένας ιδιαίτερος τύπος ρευμάτων μέσα από τη θάλασσα του Μαρμαρά. Επίσης, αξιοσημείωτο γεγονός αποτελούν οι χαμηλές τιμές αλατότητας αλλά και η έλλειψη κάθετων κινήσεων των υδάτων. Η εισροή θαλασσινού νερού μέσω του Βοσπόρου αγγίζει τα 200 Km^3 το χρόνο. Η εισροή γλυκού νερού από τις περιβάλλουσες περιοχές, ιδιαίτερα από την κεντρική και κεντροανατολική Ευρώπη, συναθροίζει 320 Km^3 το χρόνο. Ο σημαντικότερος ποταμός που εκβάλλει στη Μαύρη Θάλασσα είναι ο Δούναβης. Η

Μαύρη Θάλασσα καταλαμβάνει έκταση 422.000 Km² και έχει μέγιστο βάθος 2.210 m.

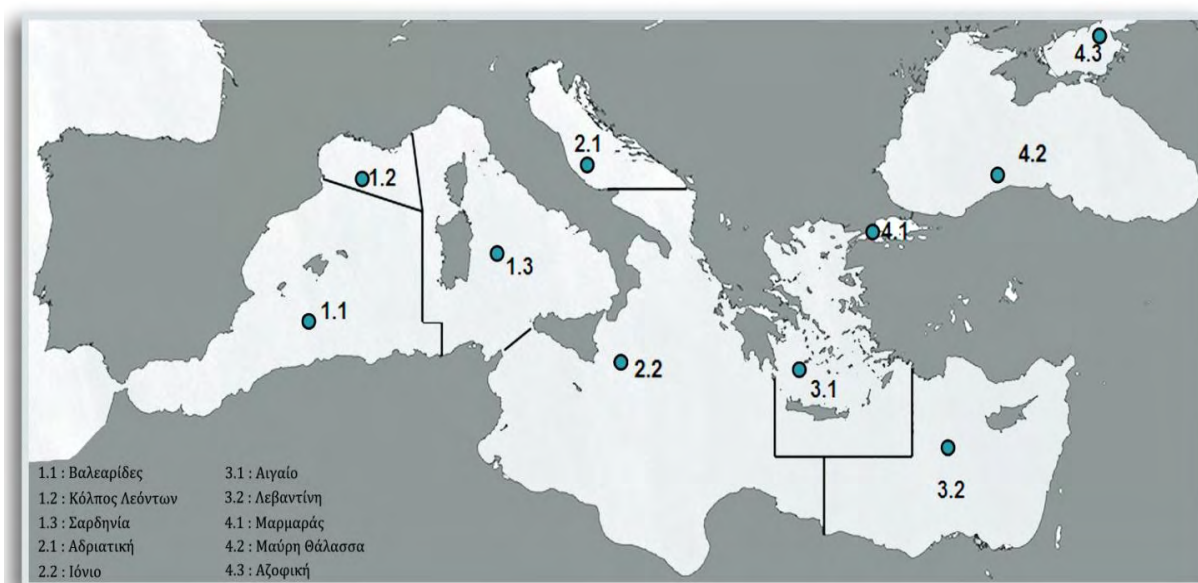
Η Μαύρη Θάλασσα είναι το μεγαλύτερο μη οξυγωνομένο θαλάσσιο σύστημα. Αυτό είναι αποτέλεσμα του μεγάλου βάθους της θάλασσας και της σχετικά υψηλής αλμυρότητας (και ως εκ τούτου πυκνότητας) των νερών του βάθους. Η ανάμειξη του φρέσκου νερού με το θαλασσινό περιορίζεται στα 100 με 150m, ενώ το νερό κάτω από την επιφάνεια αυτή ανανεώνεται μόνο μια φορά τα χίλια χρόνια.



Εικόνα 2.2: Χάρτης της Μαύρης Θάλασσας (<http3>).

2.2 Διαχωρισμός υποπεριοχών

Η Μεσόγειος θάλασσα διαχωρίζεται σε επτά υποπεριοχές. Στη δυτική Μεσόγειο με τις υποπεριοχές των Βαλεαρίδων (1.1), του Κόλπου των Λεόντων (1.2) και τη Σαρδηνία (1.3), στην κεντρική με την Αδριατική (2.1) και το Ιόνιο (2.2), ενώ στην ανατολική με το Αιγαίο (3.1) και τη Λεβαντίνη (3.2). Η Μαύρη Θάλασσα χωρίζεται σε τρεις υποπεριοχές, τη θάλασσα του Μαρμαρά (4.1), τη Μαύρη Θάλασσα (4.2) καθώς και την Αζοφική θάλασσα (4.3) (Εικ 2.1).



Εικόνα 2.3: Διαχωρισμός υποπεριοχών Μεσογείου και Μαύρης Θάλασσας. Βαλεαρίδες (1.1). Κόλπος Λεόντων (1.2), Σαρδηνία (1.3), Αδριατική (2.1), Ιόνιο (2.2), Αιγαίο (3.1), Λεβαντίνη (3.2), Μαρμαράς (4.1), Μαύρη Θάλασσα (4.2), Αζοφική (4.3).

2.3 Γενική Επιτροπή Αλιείας

Η Γενική Επιτροπή Αλιείας για τη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα (GFCM: General fisheries commission for the Mediterranean) έχει στόχο την προώθηση της αξιοποίησης, την ανάπτυξη και τη διατήρηση της ορθολογικής διαχείρισης των θαλάσσιων βιολογικών πόρων, καθώς και τη βιώσιμη ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας στη Μεσόγειο, τη Μαύρη Θάλασσα και τα παρακείμενα ύδατα.

Σε συνεργασία με άλλους περιφερειακούς οργανισμούς διαχείρισης της αλιείας, η GFCM διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στον συντονισμό των προσπάθειών των κυβερνήσεων για την αποτελεσματική διαχείριση της αλιείας σε περιφερειακό επίπεδο με τον κώδικα δεοντολογίας για την υπεύθυνη αλιεία. Η GFCM έχει τη δυνατότητα να εκδίδει δεσμευτικές συστάσεις για τη διατήρηση των αλιευτικών πόρων και έχει την υποστήριξη των σχεδίων συνεργασίας, καθώς συνεργάζεται με άλλους διεθνείς οργανισμούς σε θέματα αμοιβαίου ενδιαφέροντος.

Ειδικότερα, οι αρμοδιότητες της είναι η παρακολούθηση της κατάστασης των πόρων, συμπεριλαμβανομένης της αφθονίας και του επιπέδου εκμετάλλευσής τους, η διαμόρφωση και η υπόδειξη κατάλληλων μέτρων, η παρακολούθηση των οικονομικών και κοινωνικών πτυχών του τομέα της αλιείας, η προώθηση προγραμμάτων για τα θαλάσσια και υφάλμυρα νερά της υδατοκαλλιέργειας και τον εμπλουτισμό της παράκτιας αλιείας. Ακόμη, η ενθάρρυνση, η πρόταση και ο συντονισμός και ανάλογα με την περίπτωση ανάληψη ερευνητικών και αναπτυξιακών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων σχεδίων συνεργασίας στους τομείς της αλιείας και της προστασίας των θαλάσσιων πόρων καθώς και η συγκέντρωση, δημοσίευση ή διάδοση πληροφοριών σχετικά με τους εκμεταλλεύσιμους έμβιους θαλάσσιους πόρους και την αλιεία που στηρίζεται στους πόρους αυτούς.

2.4 Βάση δεδομένων του FAO

Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) ιδρύθηκε το 1945 και έχει ως στόχο τη συλλογή, την επεξεργασία, την ανάλυση και τη δημοσίευση των δεδομένων της αλιευτικής παραγωγής κάθε χώρας. Καταγράφονται ετησίως, σε βάση δεδομένων, οι εκφορτώσεις των ψαριών, των μαλακίων, των καρκινοειδών καθώς και των υδρόβιων φυτικών και ζωικών οργανισμών που αλιεύονται.

2.5 Παραβενθικά και πελαγικά ψάρια

Η εργασία πραγματοποιήθηκε με τον διαχωρισμό των ενδιαιτημάτων των ειδών σε παραβενθικά και πελαγικά είδη, τα ενδιαιτήματα των οποίων ορίστηκαν με βάση τη FishBase (www.fishbase.org). Στους πίνακες της FishBase, συγκαταλέγονται περίπου 32.500 είδη, τα οποία προήλθαν από περισσότερες από 3.500 αναφορές. Παραβενθικά είναι τα είδη που διαβιούν κοντά ή πάνω στον πυθμένα (όπως το μπαρμπούνι *Mullus surmuletus*, η κουτσομούρα *Mullus barbatus*, ο μπακαλιάρος *Merluccius merluccius*) και αλιεύονται με συρόμενα αλιευτικά εργαλεία και κυρίως με τις τράτες βυθού, ενώ με τον όρο πελαγικά εννοούνται τα είδη που διαβιούν στην υδάτινη στήλη (γαύρος *Engraulis encrasicolus*, σαρδέλα *Sardina pilchardus*, φρίσσα *Sardinella aurita*) και αλιεύονται με γρι – γρι. Μαζί με τα παραβενθικά ομαδοποιήθηκαν τα βενθικά και βενθοπελαγικά είδη. Τα βενθικά είδη διαβιούν πάνω στον πυθμένα, ενώ τα βενθοπελαγικά ζουν στο βυθό της θάλασσας αλλά μετακινούνται στην πελαγική ζώνη για την εύρεση της τροφής τους. Αντιθέτως, δεν συνυπολογίστηκαν τα υφαλόφιλα είδη (σφυρίδα *Epinephelus aeneus*), τα οποία ζουν και τρέφονται κοντά σε υφάλους.

2.6 Δείκτης D/P

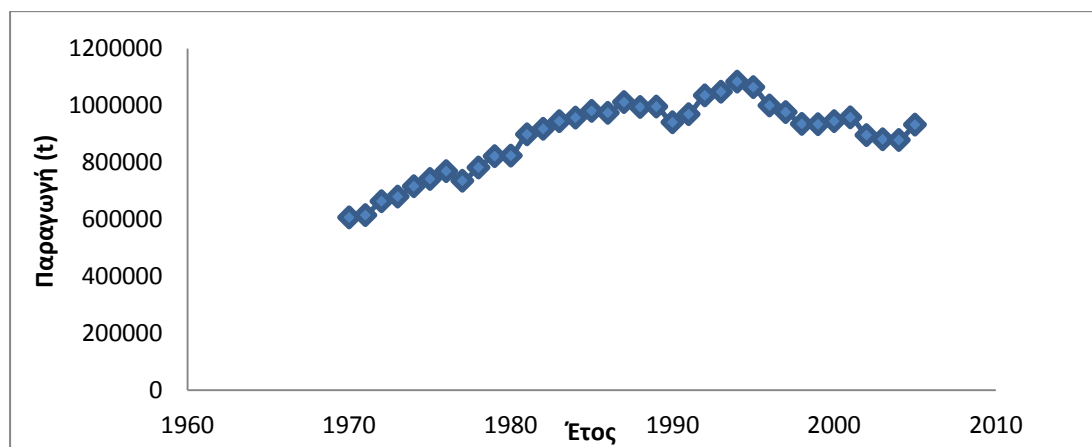
Ο δείκτης εξετάστηκε για να κατανοηθούν οι βασικές δομές και λειτουργικές αλλαγές στο οικοσύστημα. Ο λόγος παραβενθικών προς πελαγικά ψάρια (demersal/pelagic, D/P) είναι ένας δείκτης που χρησιμοποιείται για να διερευνηθεί η επίδραση της αλιείας στους οργανισμούς και το οικοσύστημα, καθώς υπολογίζει ποια κατηγορία ειδών αλιεύεται και επομένως αφαιρείται με υψηλότερο ρυθμό από το οικοσύστημα (Tsikliras & Stergiou 2007). Συνεπώς, ο δείκτης χρησιμοποιείται ως ένδειξη των επιπτώσεων της αλιείας στα θαλάσσια οικοσυστήματα.

Για τον υπολογισμό του δείκτη αρκούν οι αλιευτικές παραγωγές ανά είδος καθώς και η ομαδοποίηση των ειδών με βάση το ενδιαίτημα τους. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια προέκυψε αθροίζοντας τις βιομάζες των παραβενθικών στον αριθμητή και των πελαγικών στον παρονομαστή και υπολογίστηκαν με βάση τα επίσημα στοιχεία εκφορτώσεων του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας. Ο δείκτης εφαρμόστηκε συνολικά και στις επιμέρους επτά υποπεριοχές της Μεσογείου και τις τρεις της Μαύρης Θάλασσας. Τα στατιστικά στοιχεία των εκφορτώσεων λήφθηκαν για το χρονικό διάστημα από το 1970 έως το 2005.

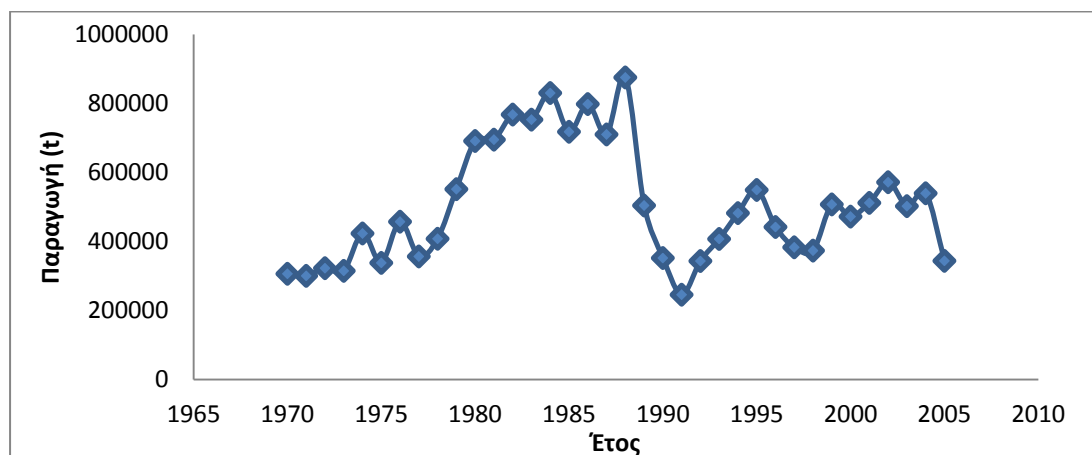
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1.Μεσόγειος και Μαύρη Θάλασσα

Για τη μελέτη και σύγκριση της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας υπολογίστηκε η συνολική αλιευτική παραγωγή της κάθε περιοχής από το 1970 έως το 2005. Στην περιοχή της Μεσογείου η συνολική αλιευτική παραγωγή εμφανίζει συνεχή αύξηση από 607321 t το 1970 έως 933208 t το 2005 (Σχ. 3.1), ενώ στην περιοχή της Μαύρης θάλασσας καταγράφεται σταδιακή μείωση της παραγωγής από 875737 t το 1988 έως 344265 t το 2005 (Σχ. 3.2).

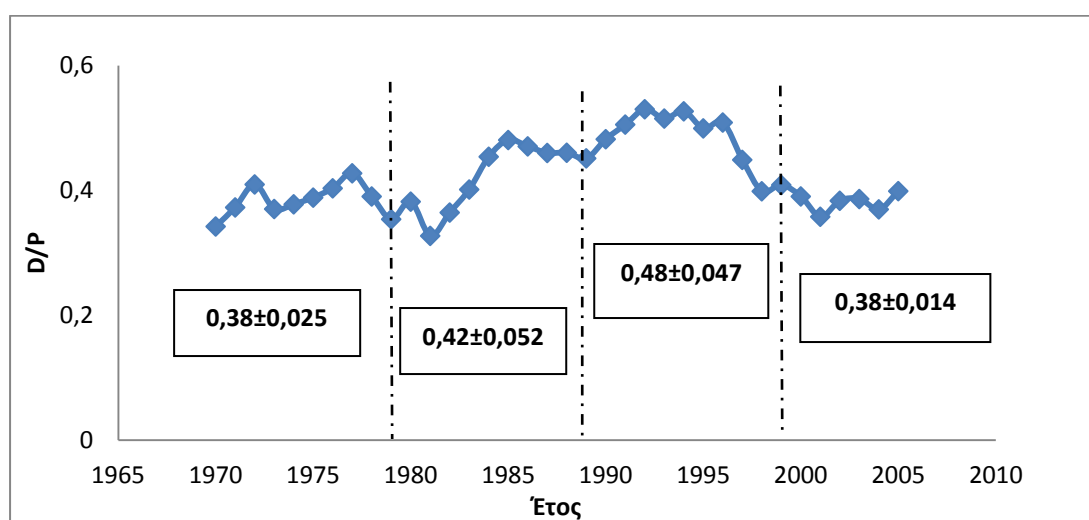


Σχήμα 3.1. Συνολική αλιευτική παραγωγή Μεσογείου 1970 – 2005.

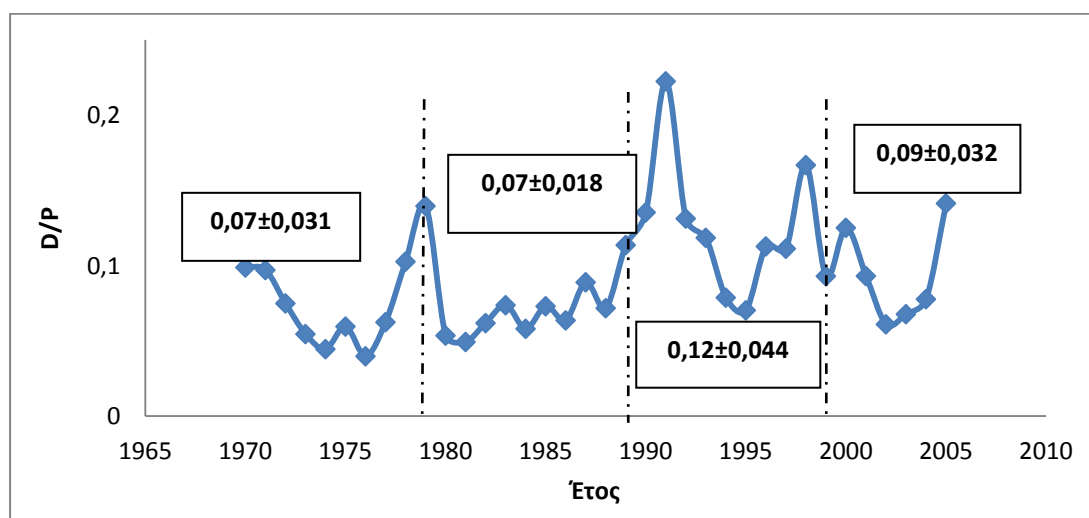


Σχήμα 3.2. Συνολική αλιευτική παραγωγή Μαύρης Θάλασσας 1970 – 2005.

Στην περιοχή της Μεσογείου ο δείκτης D/P παίρνει τη μέγιστη τιμή του 0,53 το 1992 και την ελάχιστη 0,32 το 1981. Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,38 \pm 0,025$ για το διάστημα 1970 – 1979, $0,42 \pm 0,052$ από το 1980 έως το 1989, $0,48 \pm 0,047$ από το 1990 έως το 1999 και $0,38 \pm 0,014$ για το διάστημα 2000 – 2005 (Σχ. 3.3). Ενώ, στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας ο δείκτης D/P παίρνει τη μέγιστη τιμή του 0,22 το 1991 και την ελάχιστη 0,039 το 1976. Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,07 \pm 0,031$ από το 1970 έως το 1979, $0,07 \pm 0,018$ για τα έτη 1980 – 1989, $0,12 \pm 0,044$ για το διάστημα 1990 – 1999 και $0,09 \pm 0,032$ από το 2000 έως το 2005 (Σχ. 3.4).



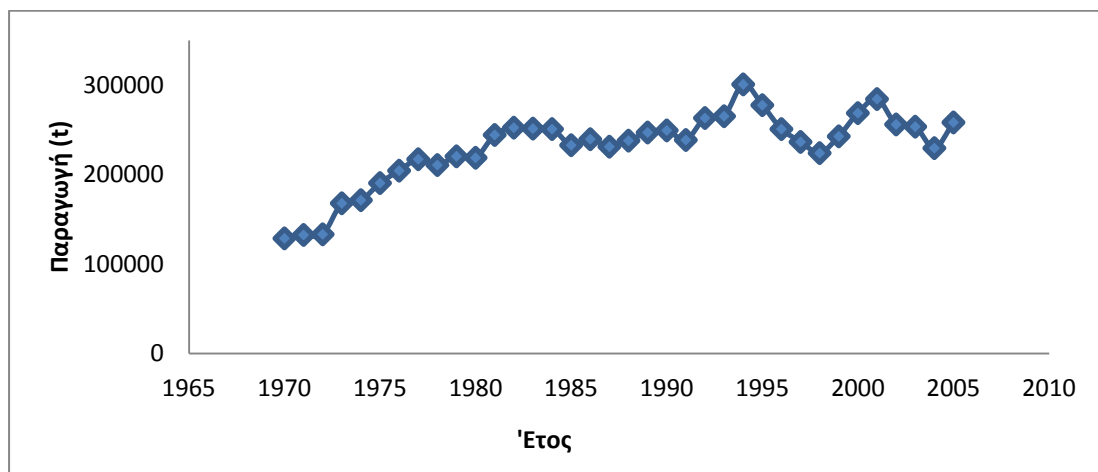
Σχήμα 3.3. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για τη Μεσόγειο θάλασσα από το 1970 έως το 2005.



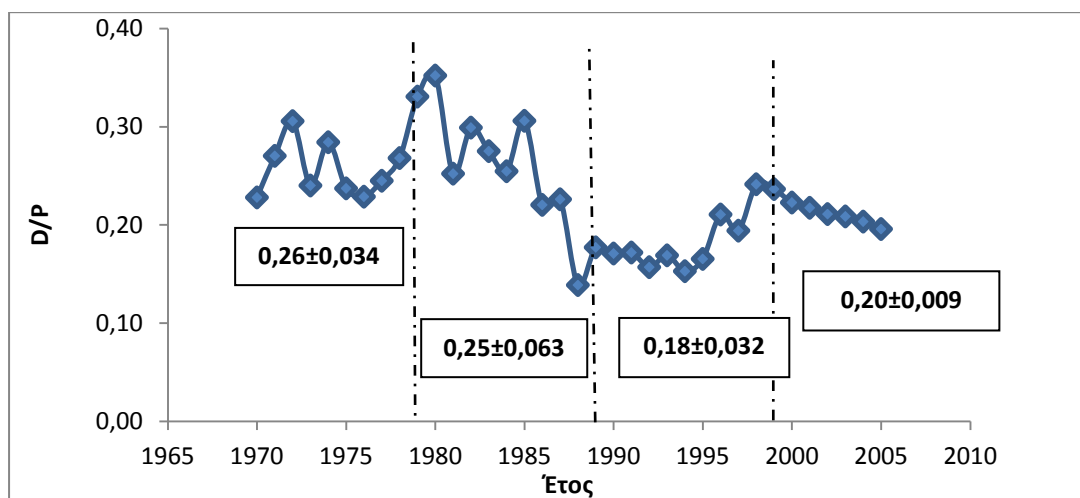
Σχήμα 3.4. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για τη Μαύρη Θάλασσα από το 1970 έως το 2005.

3.2.Βαλεαρίδες (υποπεριοχή 1.1)

Η συνολική αλιευτική παραγωγή στην υποπεριοχή των Βαλεαρίδων (Σχ. 3.5), κυμάνθηκε από 128675 t το 1970 έως 258230 t το 2005. Ο δείκτης D/P παίρνει τη μέγιστη τιμή του 0,35 το 1980 και την ελάχιστη 0,14 το 1988. Ο δείκτης D/P παρουσιάζει συνεχή μείωση από το 1980 έως το 2005. Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,26 \pm 0,034$ για το διάστημα 1970 – 1979, $0,25 \pm 0,063$ από το 1980 έως το 1989, $0,18 \pm 0,032$ από το 1990 έως το 1999 και $0,20 \pm 0,009$ για το διάστημα 2000 – 2005 (Σχ. 3.6).



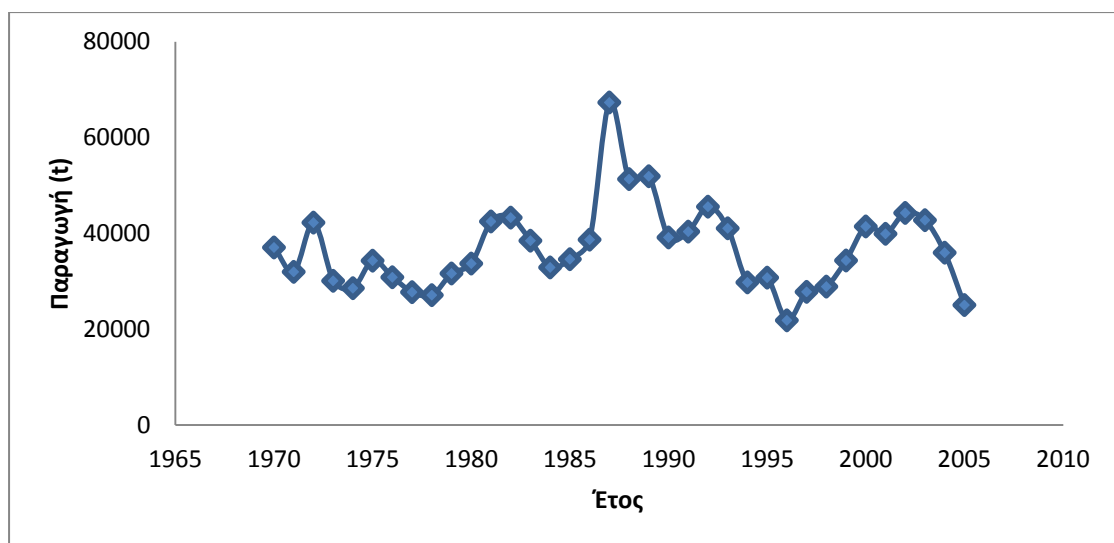
Σχήμα 3.5. Συνολική αλιευτική παραγωγή της υποπεριοχής των Βαλεαρίδων από το 1970 έως το 2005.



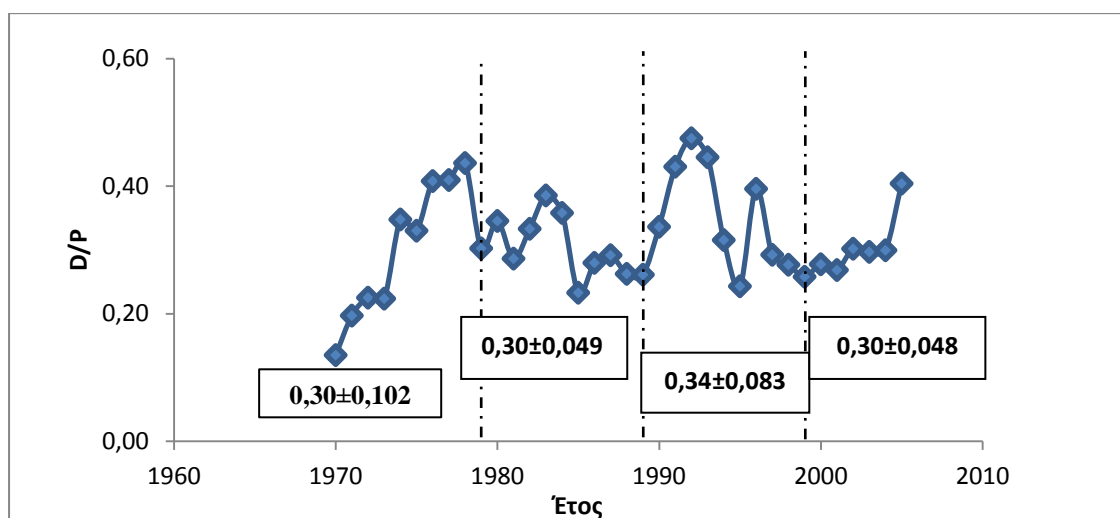
Σχήμα 3.6. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή των Βαλεαρίδων από το 1970 έως το 2005.

3.1.Κόλπος Λεόντων (υποπεριοχή 1.2)

Στην υποπεριοχή του Κόλπου των Λεόντων η συνολική αλιευτική παραγωγή της περιοχής παρουσιάζει διακυμάνσεις παίρνοντας τη μέγιστη τιμή της 67.314 t το 1987 (Σχ. 3.7). Ο δείκτης D/P παρουσιάζει διακύμανση χωρίς τάση, με μέγιστη τιμή 0,47 το 1992 και ελάχιστη 0,13 το 1970. Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,3 \pm 0,102$ για το διάστημα 1970 – 1979, $0,3 \pm 0,049$ από το 1980 έως το 1989, $0,34 \pm 0,083$ για τα έτη 1990 – 1999 και $0,3 \pm 0,048$ από το 2000 έως το 2005 (Σχ. 3.8).



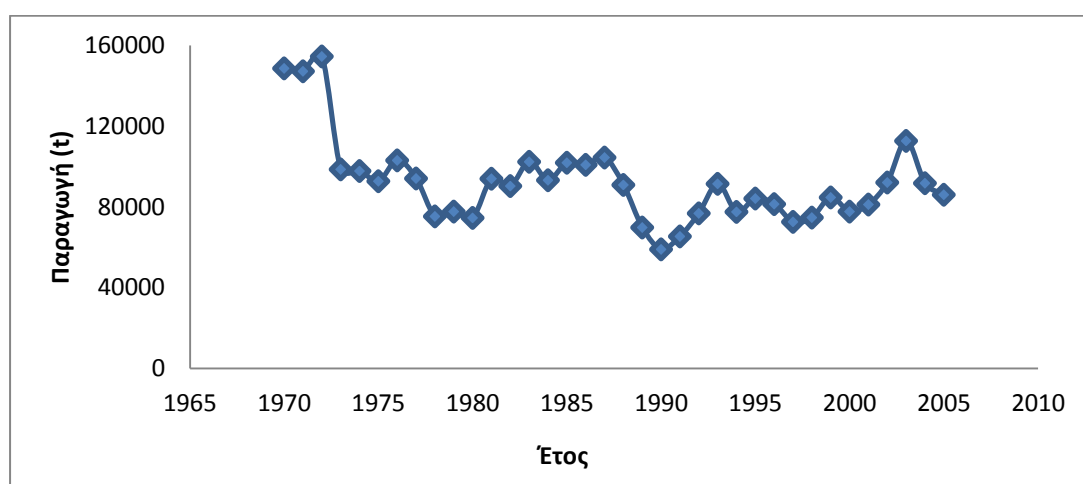
Σχήμα 3.7. Συνολική αλιευτική παραγωγή της υποπεριοχής του Κόλπου των Λεόντων από το 1970 έως το 2005.



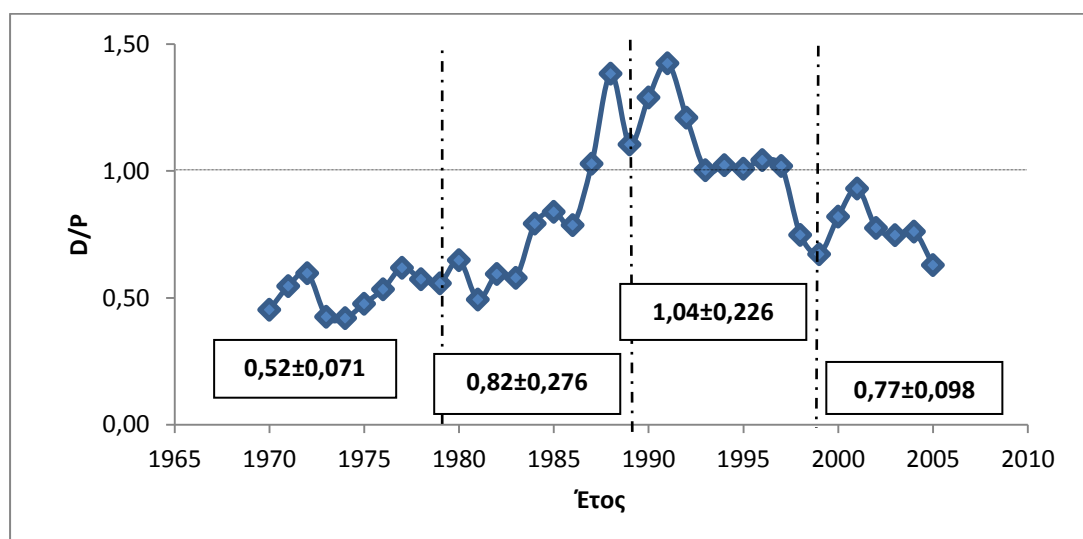
Σχήμα 3.8. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή του Κόλπου των Λεόντων από το 1970 έως το 2005.

3.2.Σαρδηνία (υποπεριοχή 1.3)

Στην υποπεριοχή της Σαρδηνίας η συνολική αλιευτική παραγωγή (Σχ. 3.9) παρουσιάζει πτωτική τάση με ελάχιστη τιμή 58.994 t το 1990. Ο δείκτης D/P παρουσιάζει αντίστοιχα πτωτική τάση, με ελάχιστη τιμή 0,42 το 1974 (Σχ. 3.10). Το 1981 παρατηρείται αύξηση έως το 1991, μετέπειτα όμως συνεχίζει την πτωτική του τάση. Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,52 \pm 0,071$ από το 1970 έως το 1979, $0,82 \pm 0,276$ για τα έτη 1980 – 1989, $1,04 \pm 0,226$ για το διάστημα 1990 – 1999 και $0,77 \pm 0,098$ από το 2000 έως το 2005.



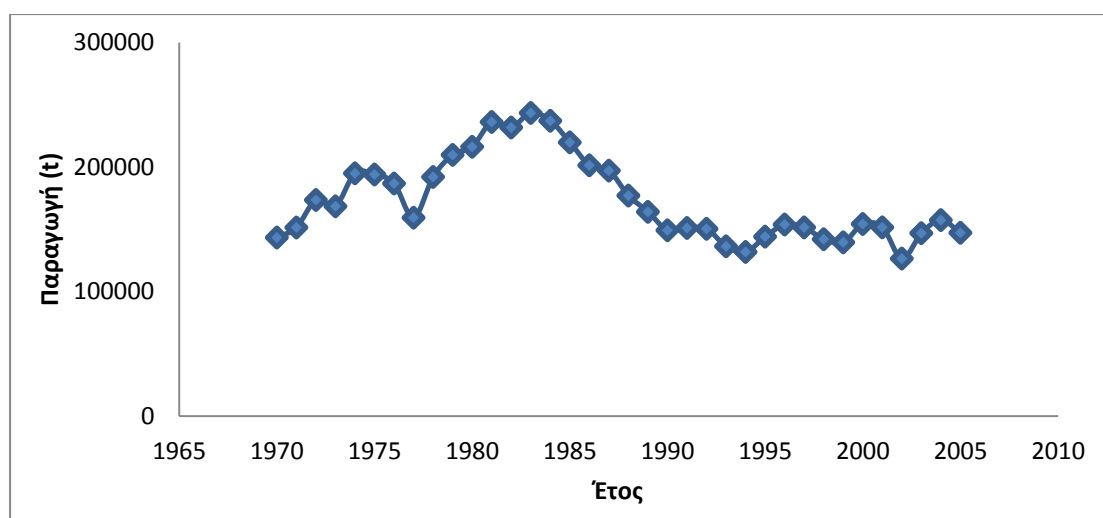
Σχήμα 3.9. Συνολική αλιευτική παραγωγή της υποπεριοχής της Σαρδηνίας (1.3) από το 1970 έως το 2005.



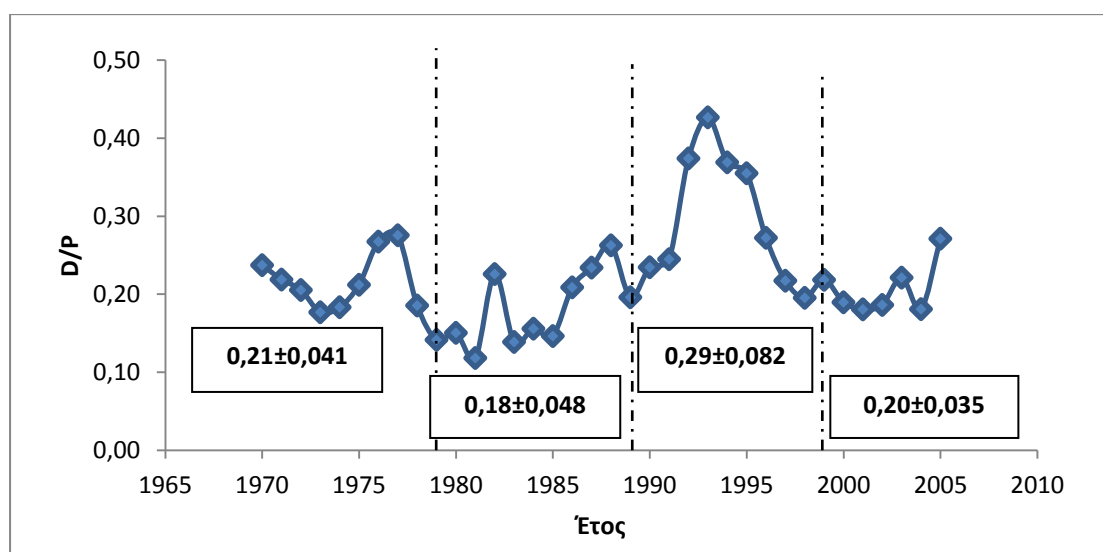
Σχήμα 3.10. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή της Σαρδηνίας από το 1970 έως το 2005.

3.3.Αδριατική (υποπεριοχή 2.1)

Στην υποπεριοχή της Αδριατικής η συνολική αλιευτική παραγωγή παρουσιάζει συνεχή μείωση από 243459 t το 1983 έως 147248 t το 2005 (Σχ. 3.11). Ο δείκτης D/P εμφανίζει έντονες διακυμάνσεις με ελάχιστη τιμή 0,12 το 1981 και μέγιστη τιμή 0,43 το 1993 (Σχ. 3.12). Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,21 \pm 0,041$ από το 1970 έως το 1979, $0,18 \pm 0,048$ για τα έτη 1980 – 1989, $0,29 \pm 0,082$ για το διάστημα 1990 – 1999 και $0,20 \pm 0,035$ από το 2000 έως το 2005.



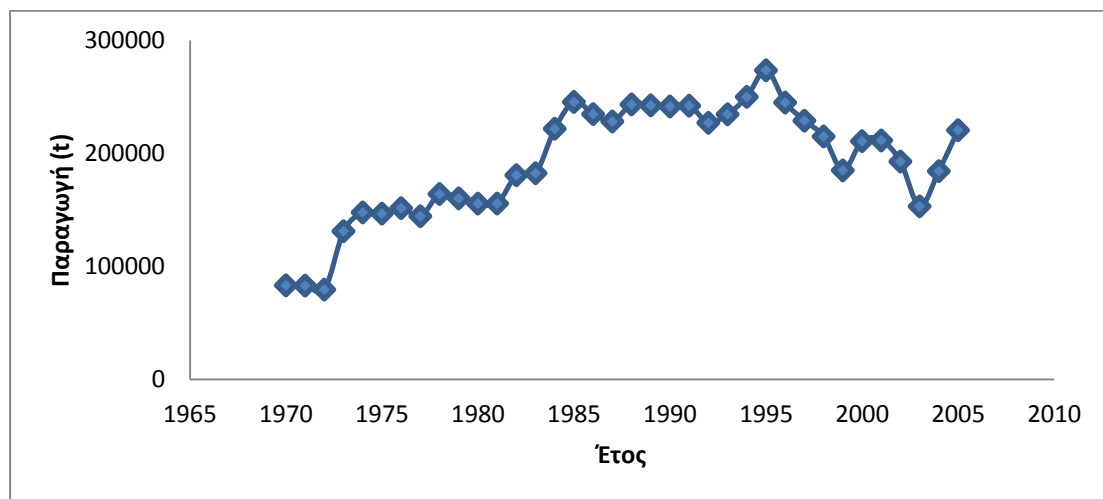
Σχήμα 3.11. Συνολική αλιευτική παραγωγή της υποπεριοχής της Αδριατικής από το 1970 έως το 2005.



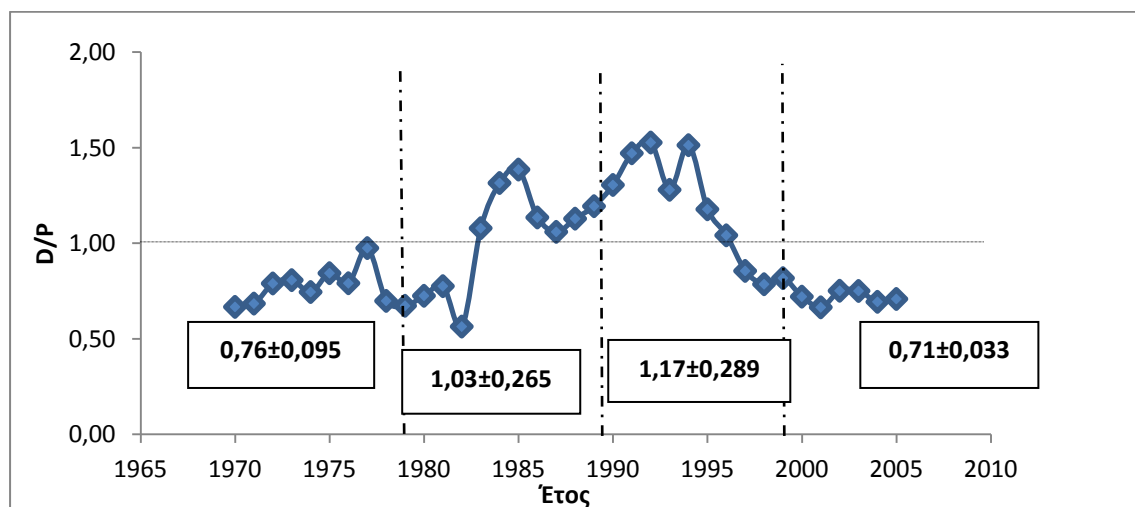
Σχήμα 3.12. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή της Αδριατικής από το 1970 έως το 2005.

3.4.Ιόνιο (υποπεριοχή 2.2)

Το Ιόνιο εμφανίζει σταδιακή αύξηση της συνολικής παραγωγής έως το 1995 και έπειτα μειώνεται σταδιακά μέχρι το 2003 (Σχ. 3.13). Όπως παρατηρείται και στο Σχήμα 3.14 ο δείκτης εμφανίζει από το 1970 έως το 1982 σταθερή πορεία με μικρές αυξομειώσεις, από το 1982 έως το 1985 μια απότομη αύξηση και έπειτα ακολουθεί σταδιακή και σταθερή μείωση έως το 2005. Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,76 \pm 0,095$ για το διάστημα 1970 – 1979, $1,03 \pm 0,265$ από το 1980 έως το 1989, $1,17 \pm 0,289$ για τα έτη 1990 – 1999 και $0,71 \pm 0,033$ από το 2000 έως το 2005.



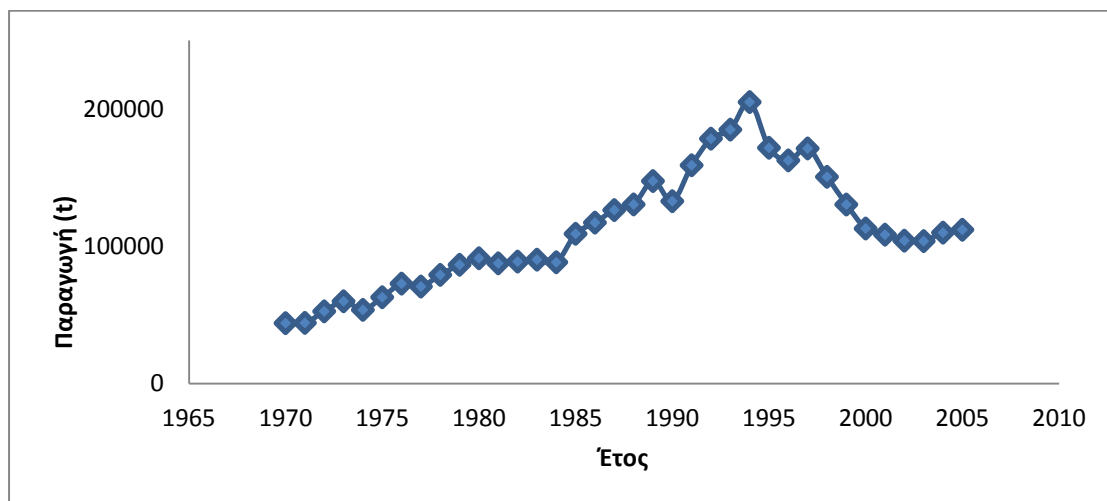
Σχήμα 3.13. Συνολική αλιευτική παραγωγή της υποπεριοχής του Ιονίου από το 1970 έως το 2005.



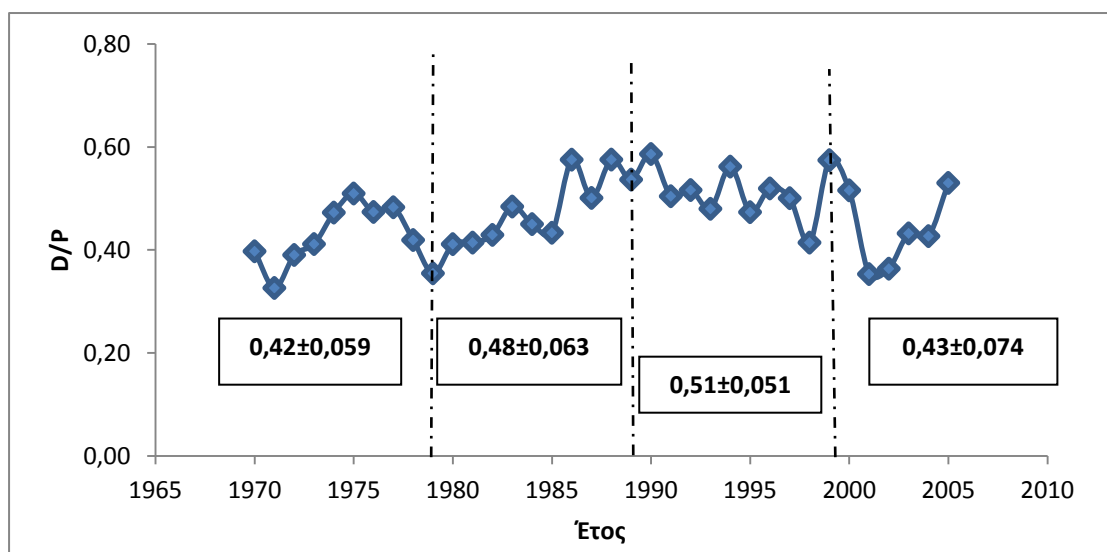
Σχήμα 3.14. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή του Ιονίου από το 1970 έως το 2005.

3.5.Αιγαίο (υποπεριοχή 3.1)

Η συνολική παραγωγή στο Αιγαίο (Σχ. 3.15) εμφανίζει σταδιακή αύξηση από το 1970 έως το 1994, ενώ μετέπειτα μειώνεται με τελική τιμή 112014 t το 2005. Ο δείκτης D/P παρουσιάζει (Σχ. 3.16) μικρές διακυμάνσεις χωρίς τάση κατά τη διάρκεια όλων των ετών, με ελάχιστη τιμή 0,33 το 1971 και μέγιστη 0,59 το 1990. Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,42 \pm 0,059$ για τα έτη 1970 – 1979, $0,48 \pm 0,063$ από το 1980 έως το 1989, $0,51 \pm 0,051$ για το διάστημα 1990 – 1999 και $0,43 \pm 0,074$ από το 2000 έως το 2005.



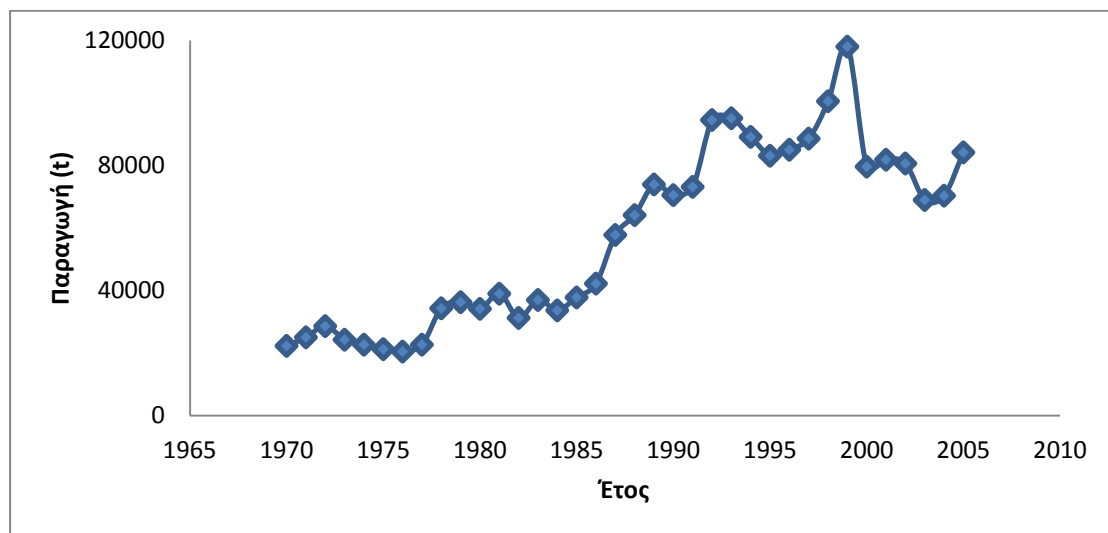
Σχήμα 3.15. Ολική παραγωγή της υποπεριοχής του Αιγαίου από το 1970 έως το 2005.



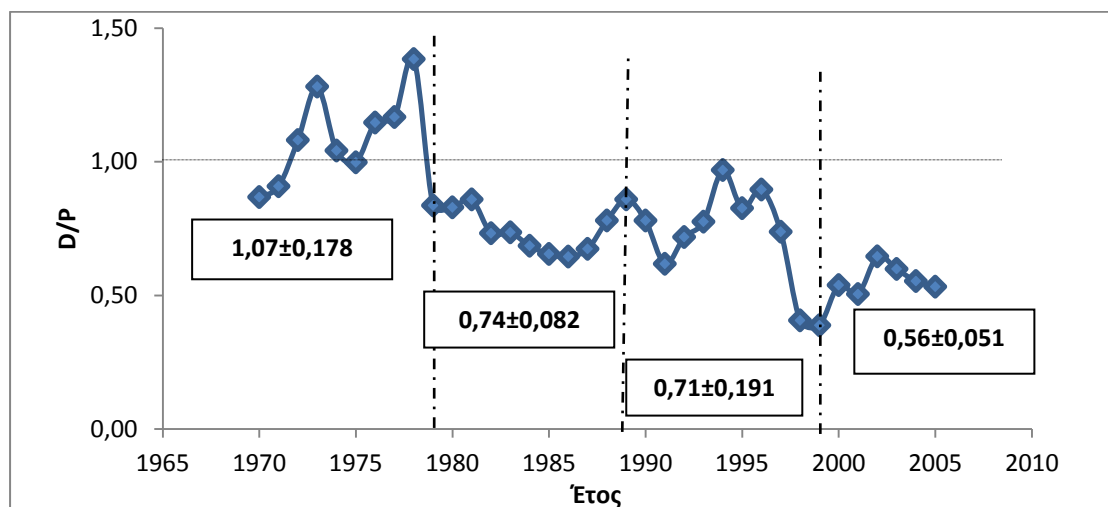
Σχήμα 3.16. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή του Αιγαίου από το 1970 έως το 2005.

3.6.Λεβαντίνη (υποπεριοχή 3.2)

Η συνολική αλιευτική παραγωγή της Λεβαντίνης (Σχ 3.17) παρουσιάζει σταδιακή αύξηση έως το 1999 και μετά μειώνεται με τελική τιμή 84155 t. Ο δείκτης D/P παρουσιάζει αύξηση από το 1970 έως το 1978. Έκτοτε, μειώνεται με έντονο ρυθμό από το 1978 έως το 2005, με ελάχιστη τιμή 0,39 το 1999 (Σχ. 3.18). Η μέση τιμή του D/P ήταν $1,07 \pm 0,178$ για το διάστημα 1970 – 1979, $0,74 \pm 0,082$ για τα έτη 1980 – 1989, $0,71 \pm 0,191$ από το 1990 έως το 1999 και $0,56 \pm 0,051$ από το 2000 έως το 2005.



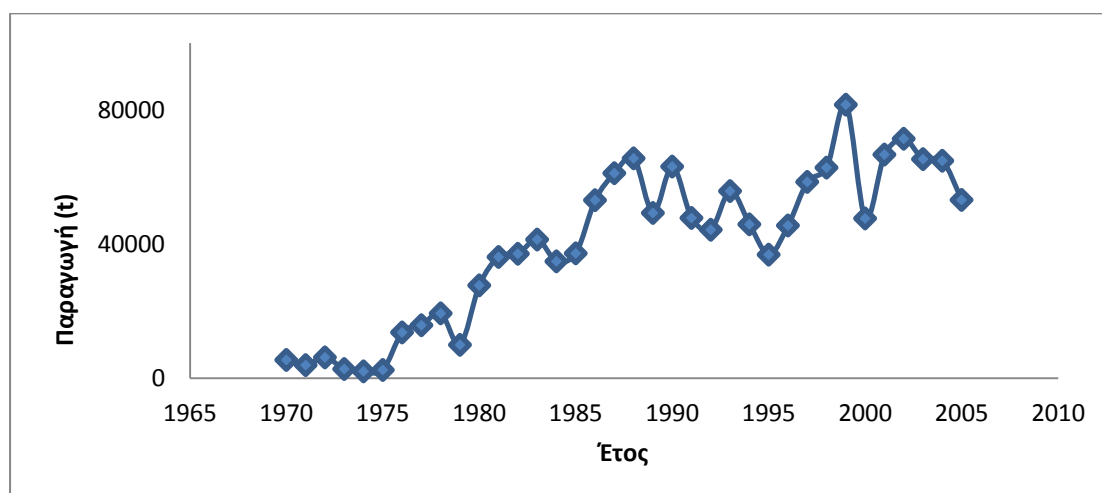
Σχήμα 3.17. Συνολική αλιευτική παραγωγή της υποπεριοχής της Λεβαντίνης από το 1970 έως το 2005.



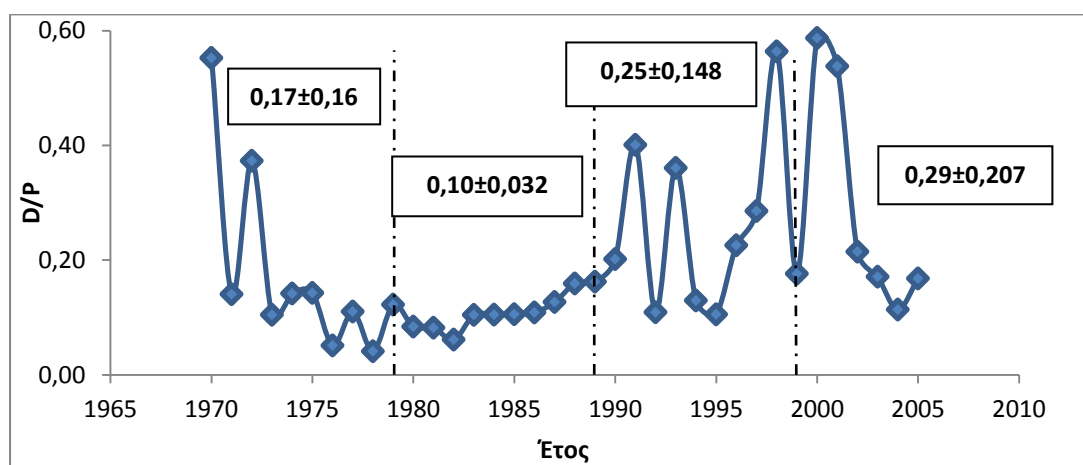
Σχήμα 3.18. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή της Λεβαντίνης από το 1970 έως το 2005.

3.7.Θάλασσα του Μαρμαρά (υποπεριοχή 4.1)

Η συνολική παραγωγή του Μαρμαρά εμφανίζει αυξητική τάση έως το 1999, ενώ μετέπειτα μειώνεται φτάνοντας τους 53166 t το 2005 (Σχ. 3.19). Στη θάλασσα του Μαρμαρά ο δείκτης D/P παρουσιάζει πτώση από το 1970 έως το 1973, στη συνέχεια μέχρι το 1990 παρατηρείται σταθερότητα του δείκτη σε χαμηλές τιμές. Από το 1991 μέχρι το 2005 ο δείκτης εμφανίζει έντονες διακυμάνσεις χωρίς τάση (Σχ. 3.20). Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,17 \pm 0,16$ για το διάστημα 1970 – 1979, $0,1 \pm 0,32$ από το 1980 έως το 1989, $0,25 \pm 0,148$ για τα έτη 1990 – 1999 και $0,29 \pm 0,207$ για το διάστημα 2000 – 2005.



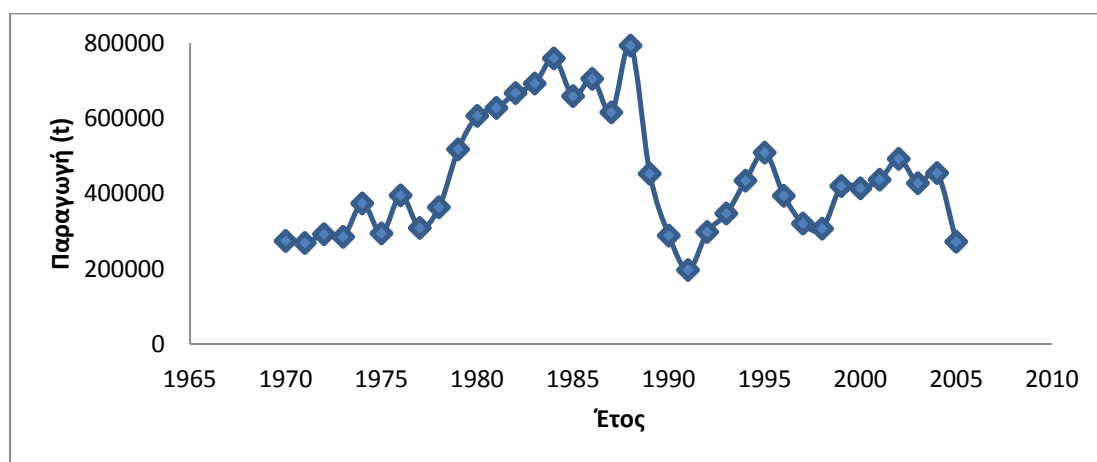
Σχήμα 3.19. Συνολική αλιευτική παραγωγή της υποπεριοχής της θάλασσας του Μαρμαρά από το 1970 έως το 2005.



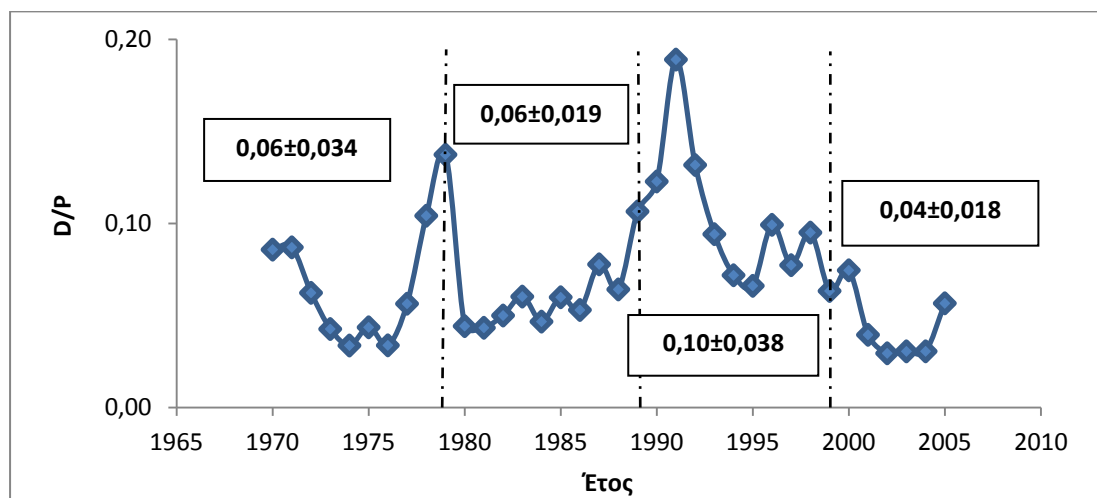
Σχήμα 3.20. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή της θάλασσας του Μαρμαρά από το 1970 έως το 2005.

3.8.Μαύρη θάλασσα (υποπεριοχή 4.2)

Η συνολική παραγωγή της κυρίως Μαύρης Θάλασσας (Σχ. 3.21) εμφανίζει αύξηση έως το 1988 με μέγιστη τιμή 792992 t. Στα επόμενα τρία χρόνια παρουσιάζει μια έντονα μείωση της τάξεως των 596029 t ενώ μετέπειτα εμφανίζει διακυμάνσεις ακολουθώντας σταθερή πορεία. Ο δείκτης D/P παρουσιάζει μείωση με έντονες διακυμάνσεις, ενώ τα έτη 1979 και 1991 λαμβάνει τις μέγιστες τιμές του 0,14 και 0,19 αντίστοιχα (Σχ. 3.22). Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,06 \pm 0,034$ για το διάστημα 1970 – 1979, $0,06 \pm 0,019$ από το 1980 έως το 1989, $0,1 \pm 0,038$ για τα έτη 1990 – 1999 και $0,04 \pm 0,018$ από το 2000 έως το 2005.



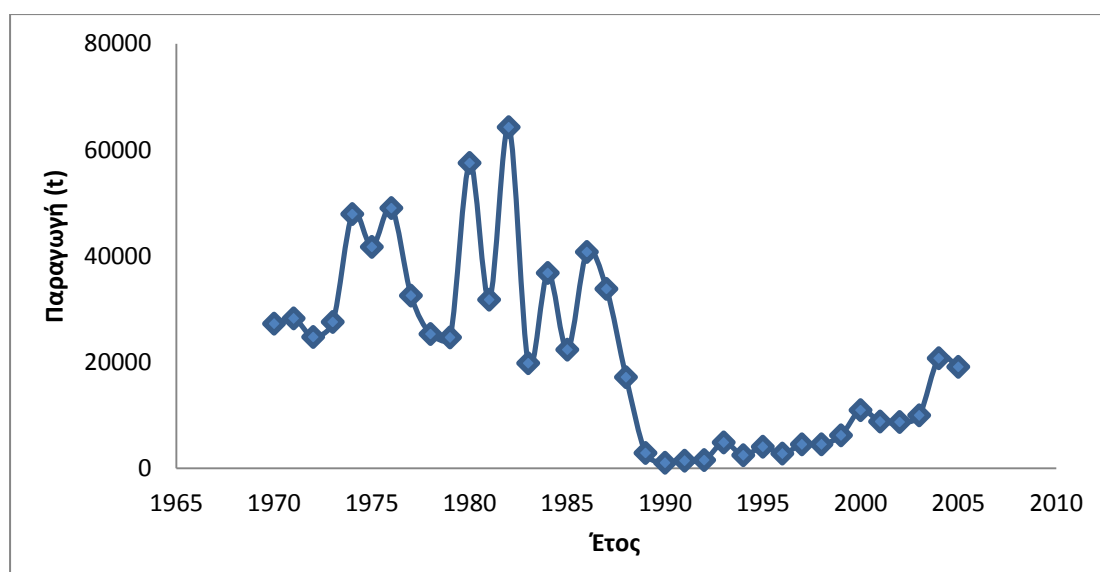
Σχήμα 3.21. Συνολική αλιευτική παραγωγή της υποπεριοχής της Μαύρης θάλασσας από το 1970 έως το 2005.



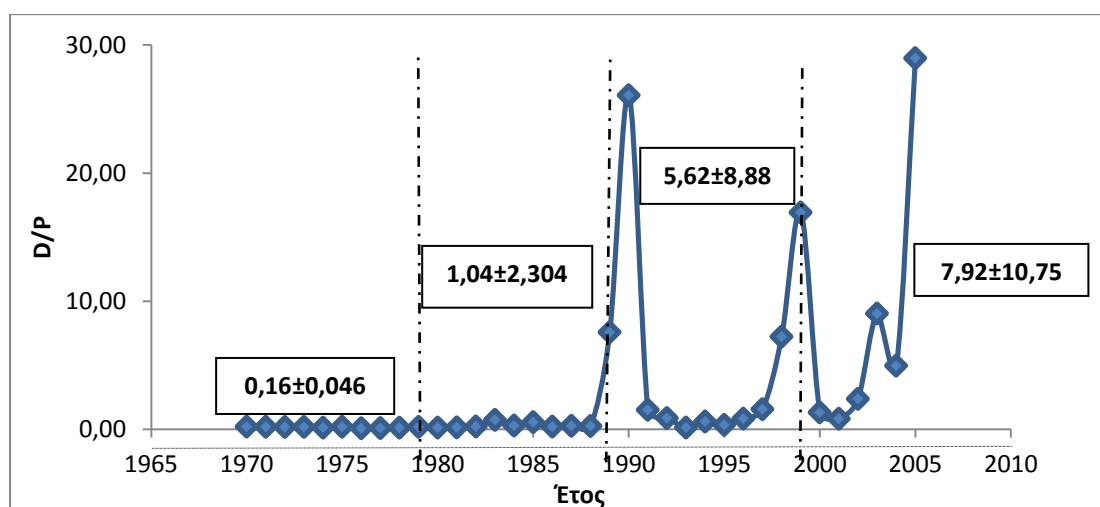
Σχήμα 3.22. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή της Μαύρης θάλασσας από το 1970 έως το 2005.

3.9.Αζοφική θάλασσα (υποπεριοχή 4.3)

Στη υποπεριοχή της Αζοφικής θάλασσας η συνολική αλιευτική παραγωγή της περιοχής εμφανίζει ραγδαία μείωση των τιμών της, με ελάχιστη τιμή 1038 t το 1990 (Σχ. 3.23). Αντιθέτως, παρατηρείται αύξηση του δείκτη με τρία μέγιστα 26,08, 16,93, 28,97 το 1990, 1999 και το 2005 αντίστοιχα (Σχ. 3.24). Η μέση τιμή του D/P ήταν $0,16 \pm 0,046$ από το 1970 έως το 1979, $1,04 \pm 2,304$ για τα έτη 1980 – 1989, $5,62 \pm 8,88$ από το 1990 έως το 1999 και $7,92 \pm 10,75$ για τα έτη 2000 – 2005.

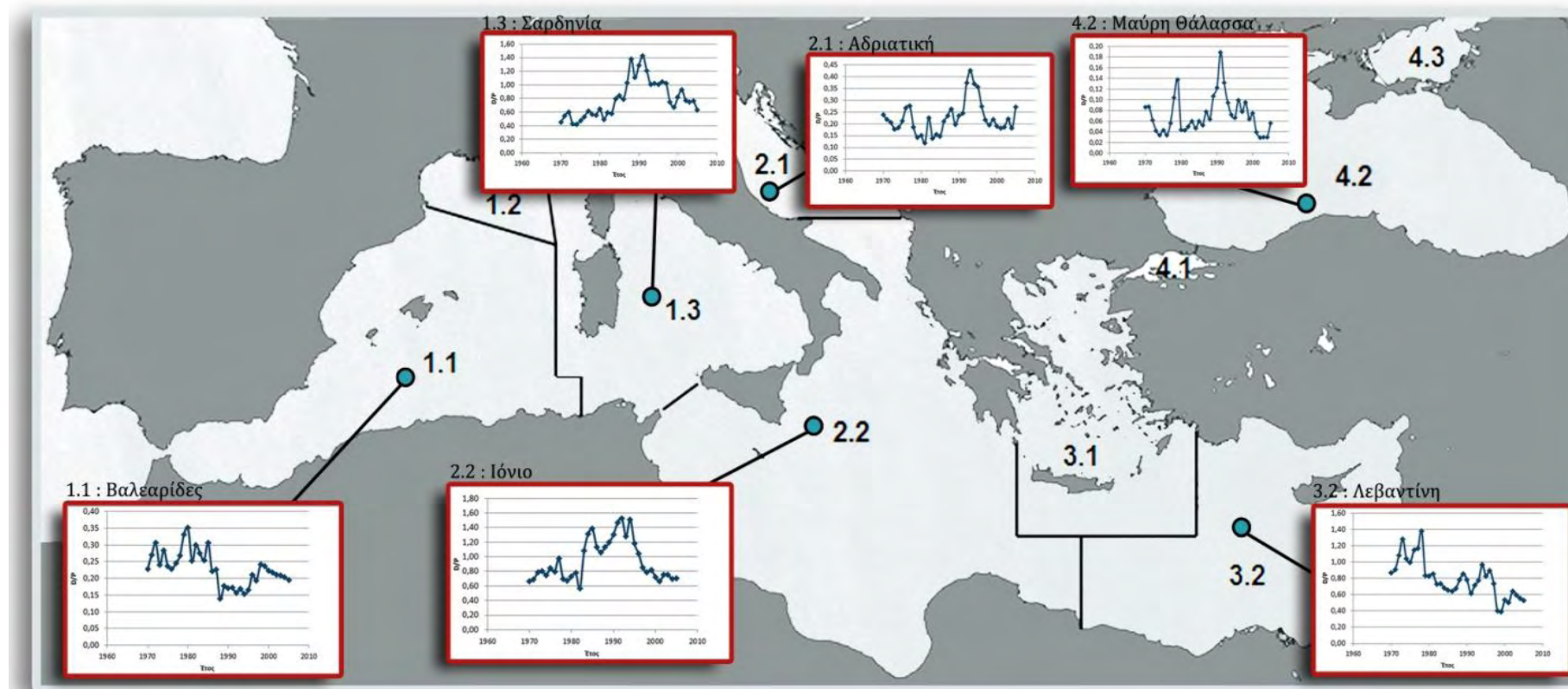


Σχήμα 3.23. Συνολική αλιευτική παραγωγή της υποπεριοχής της Αζοφικής θάλασσας από το 1970 έως το 2005.

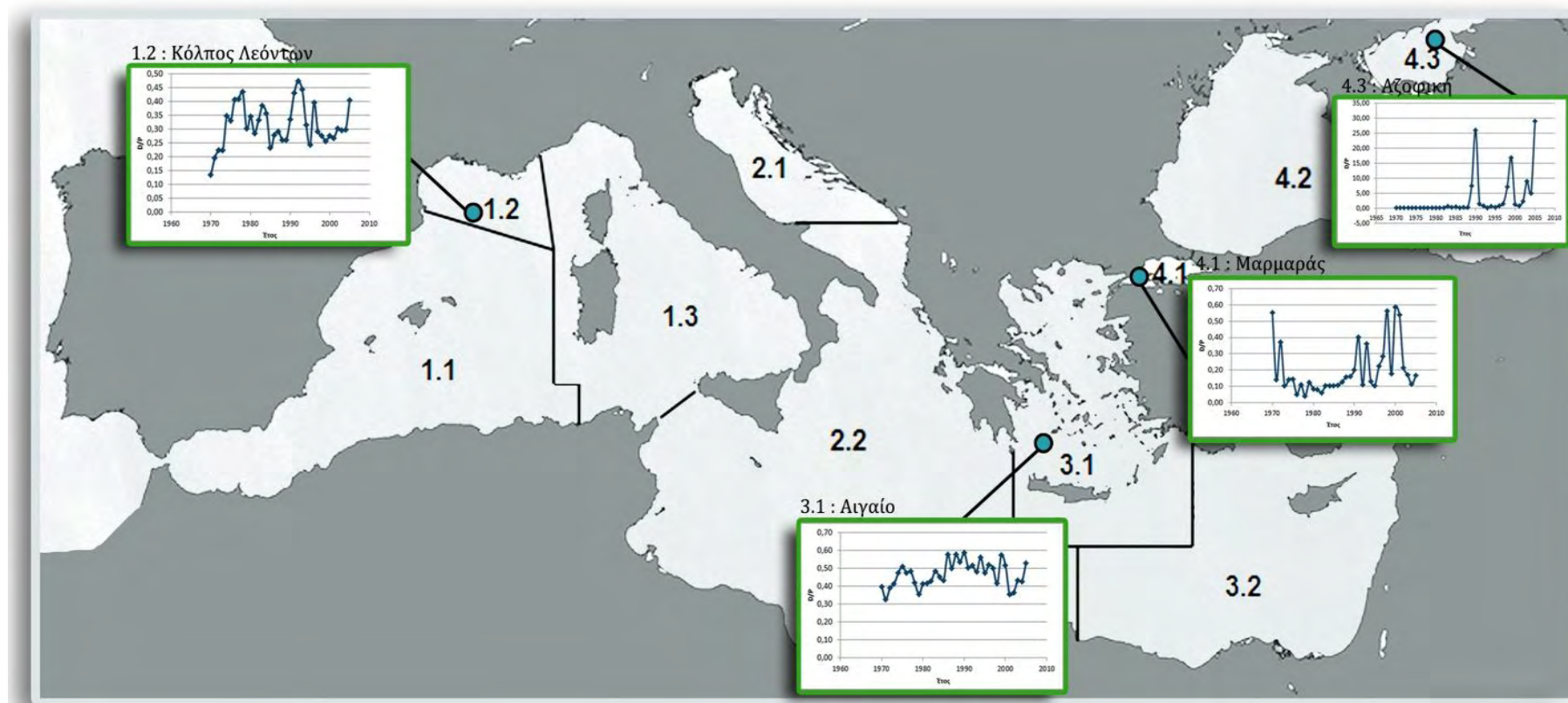


Σχήμα 3.24. Ο λόγος των παραβενθικών προς τα πελαγικά ψάρια (D/P) για την υποπεριοχή της Αζοφικής θάλασσας από το 1970 έως το 2005.

Συγκεντρωτικά, στις αλιευτικές υποπεριοχές Βαλεαρίδες, Σαρδηνία, Αδριατική, Ιόνιο και Λεβαντίνη της Μεσογείου καθώς και στην υποπεριοχή της Μαύρης Θάλασσας παρατηρήθηκε μείωση του δείκτη (D/P) (Σχ. 3.25). Αντιθέτως, στις υποπεριοχές Αιγαίου, Μαρμαρά και Κόλπου Λεόντων παρατηρήθηκε διακύμανση χωρίς τάση ενώ η υποπεριοχή της Αζοφικής αποτελεί τη μοναδική υποπεριοχή, στην οποία παρατηρείται αύξηση του δείκτη (D/P) (Σχ. 3.26).



Σχήμα 3.25. Συγκεντρωτικό σχήμα των υποπεριοχών που εμφανίζουν μείωση του δείκτη (D/P).



Σχήμα 3.26. Συγκεντρωτικό σχήμα των υποπεριοχών που εμφανίζουν διακύμανση χωρίς τάση αλλά και η μόνη περιοχή με αύξηση του δείκτη (D/P).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα παραβενθικά αποτελούνται από τους οργανισμούς που ζουν και τρέφονται κοντά ή πάνω στον πυθμένα, είναι είδη μεγάλα σε μέγεθος (δηλαδή αυτά που βρίσκονται στην κορυφή του τροφικού πλέγματος) και τείνουν να εκλείψουν από τις εκφορτώσεις εξαιτίας της μεγάλης αλιευτικής πίεσης που δέχθηκαν τα τελευταία χρόνια και συνεχίζουν να δέχονται μέχρι και σήμερα, με αποτέλεσμα να κινδυνεύουν σημαντικά τα αποθέματα τους (Myers & Worm 2003, Pauly & Maclean 2003, Christensen et al. 2003). Τα περισσότερα εμπορικά είδη ανήκουν στην ομάδα αυτή. Πολλά διαφορετικά εργαλεία χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση αυτών των ειδών, κυρίως όμως αλιεύονται από τις τράτες βυθού.

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, τα περισσότερα παραβενθικά αποθέματα έχουν υποστεί πλήρη εκμετάλλευση ή υπερεκμετάλλευση. Έχει επισημανθεί ότι οι εκφορτώσεις της Μεσογείου έχουν αυξηθεί περίπου κατά 50% από το 1977 μέχρι σήμερα. Ο βαθμός εκμετάλλευσης της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες, με αποτέλεσμα το 74% των αποθεμάτων να είναι πλήρως εκμεταλλευμένο ή υπεραλιευμένο (Bertrand 2003) και μόνο το 4% να θεωρείται βιώσιμα εκμεταλλεύσιμο (Papaconstantinou & Farrugio 2000). Η παγκόσμια μείωση των εκφορτώσεων έχει καταγραφεί ως επί το πλείστον σε μια μεγάλης κλίμακας βάση, δίνοντας την αφορμή σε πολλούς επιστήμονες να μελετήσουν και να προβλέψουν ότι όλα τα αλιευτικά αποθέματα σε παγκόσμιο επίπεδο θα είναι εξαντλημένα έως το 2048 (Worm et al. 2006).

Στη Μεσόγειο η αύξηση της εκμετάλλευσης των αλιευτικών αποθεμάτων έχει αλλάξει και απλοποιήσει τη δομή του τροφικού πλέγματος κατά την πάροδο του

χρόνου, ιδίως με τη μείωση του ποσοστού των κορυφαίων θηρευτών και μεγάλου μεγέθους ψαριών και την ταυτόχρονη αύξηση της αφθονίας των μη εμπορικών ειδών από χαμηλότερα τροφικά επίπεδα όπως παρατηρείται ιδιαίτερα στην Αδριατική (Coll et al. 2010, Lotze et al. 2011) και στην Καταλονία (Coll et al. 2008). Παρόλο ότι η υπερεκμετάλλευση των αποθεμάτων της Μεσογείου θεωρείται πλέον δεδομένη, σε σύγκριση με τα αποθέματα του Ατλαντικού, τα μεσογειακά έχουν υψηλότερη ανθεκτικότητα στην υπεραλίευση (Caddy 1993, Lleonart 2005).

Στις υποπεριοχές των Βαλεαρίδων, της Σαρδηνίας, της Αδριατικής, του Ιονίου, της Λεβαντίνης καθώς και στην υποπεριοχή της Μαύρης Θάλασσας ο δείκτης D/P εμφανίζεται να μειώνεται. Η μείωση του δείκτη D/P υποδεικνύει ότι οι οργανισμοί που διαβιούν κοντά ή πάνω στον πυθμένα, περιορίζονται σε βιομάζα σε σύγκριση με αυτούς που ζουν στην πελαγική ζώνη, έχοντας ως αποτέλεσμα την επιλεκτική αφαίρεση των παραβενθικών αποθεμάτων από το οικοσύστημα. Αυτό αποδεικνύει ότι η αλιεία στις περιοχές αυτές βασίζεται ολόένα σε οργανισμούς χαμηλού τροφικού επιπέδου, καθώς τα παραβενθικά είναι είδη υψηλότερου τροφικού επιπέδου. Επιπρόσθετα, μια παραδοχή που μπορεί να σημειωθεί είναι ότι οι παραπάνω περιοχές εμφανίζουν σημάδια ευτροφισμού (Kormas et al. 2001, Moncheva et al. 2001). Στις περιοχές αυτές, τα πελαγικά ψάρια επηρεάζονται θετικά από τον εμπλουτισμό με θρεπτικά συστατικά, ενώ τα παραβενθικά αρνητικά (Caddy 1993). Επομένως, μια αρνητική τάση του δείκτη D/P μπορεί να εξαρτάται τόσο από τον ευτροφισμό όσο και από την υπερεκμετάλλευση των παραβενθικών αποθεμάτων (Libralato et al. 2004).

Στην υποπεριοχή των Βαλεαρίδων (1.1) τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν την έντονη μείωση του δείκτη D/P από το 1980 έως το 2005, γεγονός που συμπίπτει με μια παρόμοια έρευνα, που επισημαίνει ότι τα αποθέματα

των παραβενθικών ειδών, στην περιοχή αυτή και κυρίως του μπακαλιάρου *Merluccius merluccius* είναι υπεραλιευμένα (Hidalgo et al. 2009).

Η υποπεριοχή του Κόλπου των Λεόντων (1.2) θεωρείται μια από τις περιοχές της δυτικής Μεσογείου με την υψηλότερη παραγωγικότητα. Τα διαθέσιμα επιστημονικά δεδομένα για την αλιεία με τράτα για τα περισσότερα παραβενθικά είδη δείχνουν ότι οι συνθήκες έχουν υπερβεί τις μέγιστες τιμές από το 1991 (Caddy 1990). Ακόμη, έχει αναφερθεί μια σταδιακή εντατικοποίηση της εκμετάλλευσης που οδήγησε στην αύξηση των αλιευμάτων γαύρου *Engraulis encrasicolus* από 300 t το 1980 σε 8000 t το 1989. Στην συνέχεια όμως οι εκφορτώσεις μειώθηκαν σε περίπου 2000 t το 1993 (Papaconstantinou & Farrugio 2000), όπου συνεχίζονται μέχρι σήμερα καθώς το δείκτης D/P εμφάνισε διακύμανση χωρίς τάση καθ' όλα τα έτη της μελέτης.

Η περιοχή της Σαρδηνίας (1.3) χαρακτηρίζεται από υδάτινες μάζες γενικά χαμηλής παραγωγικότητας, στην οποία τα αποθέματα σαρδέλας και γαύρου θεωρούνται τα πιο σημαντικά είδη εκμετάλλευσης της περιοχής (Papaconstantinou & Farrugio 2000), επιβεβαιώνοντας την αύξηση του δείκτη D/P από το 1981 έως το 1991, ακολουθώντας όμως στη συνέχεια πτωτική τάση.

Το τμήμα της Αδριατικής (2.1) της δυτικής Μεσογείου είναι εξαιρετικά παραγωγικό, λόγω της ισχυρής εισροής θρεπτικών από τα εισερχόμενα νερά των ποταμών, από τη γεωργική / βιομηχανική δραστηριότητα καθώς και από τον πυκνό παράκτιο πληθυσμό της περιοχής. Ο συνδυασμός αυτός οδηγεί κατά καιρούς σε ανοξικές συνθήκες (ευτροφισμός), με αποτέλεσμα το θάνατο των παραβενθικών οργανισμών στη βόρεια και δυτική Αδριατική καθώς και την αύξηση των πελαγικών αποθεμάτων (Coll et al. 2009). Από παρόμοιες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει επισημανθεί ότι κατά μήκος του ανατολικού τμήματος της Αδριατικής, η

εκμετάλλευση των αλιευτικών πόρων έχει αυξηθεί μετά το 1990. Ακόμη, έχει σημειωθεί ότι τα παραβενθικά είδη στα τέλη του 1980 ήταν πλήρως εκμεταλλευμένα και πως τα συνολικά πελαγικά αποθέματα και κυρίως του γαύρου *Engraulis encrasicolus* έχουν διακυμανθεί αρκετά κατά τις τελευταίες δεκαετίες (Bozzano et al. 1997), επιβεβαιώνοντας τη συνεχή μείωση της συνολικής αλιευτικής παραγωγής από το 1983 έως το 2005, καθώς και τις έντονες διακυμάνσεις του δείκτη D/P με ελάχιστη τιμή 0,12 το 1981. Επίσης, η μείωση του δείκτη D/P μπορεί να δικαιολογηθεί από την αφαίρεση των μεγάλωσμων ειδών με αργή ωρίμανση που έχει παρατηρηθεί από τους Fortibuoni et al. (2010b).

Η περιοχή του Ιονίου (2.2) θεωρείται ως το πιο παραγωγικό τμήμα της Μεσογείου μετά την Αδριατική. Η υφαλοκρηπίδα από την Τυνησία και το κανάλι της Σικελίας στηρίζουν ένα σημαντικό κομμάτι της αλιείας με τράτα, γεγονός που κάνει την περιοχή να υφίσταται έντονη αλιευτική πίεση. Ο δείκτης D/P στην περιοχή εμφάνισε μικρές αυξομειώσεις από το 1970 έως το 1982 ενώ από το 1985 έως το 2005 ακολούθησε μια σταθερή μείωση, όπως έχει ήδη αναφερθεί από τους Tsikliras & Stergiou (2007) για το χρονικό διάστημα από το 1964 έως το 2003. Ακόμη, τα αποτελέσματα της μέλετης των Papaconstantinou & Farrugio (2000) δείχνουν μια γενική κατάσταση πλήρους εκμετάλλευσης και υπερεκμετάλλευσης για πολλά παραβενθικά είδη όπως ο μπακαλιάρος *Merluccius merluccius* και το μπαρμπούνι *Mullus surmuletus* και ταυτόχρονα τονίζουν ότι τα πελαγικά αποθέματα στο βόρειο Ιόνιο Πέλαγος ήταν μικρότερα από ότι ήταν της Αδριατικής.

Το Αιγαίο (3.1) θεωρείται περιοχή χαμηλής βιολογικής παραγωγικότητας. Τα τελευταία όμως χρόνια τα αλιεύματα του βόρειου Αιγαίου έχουν αυξηθεί. Σε αυτό θα μπορούσαν να συντελέσουν αλλαγές, μεταξύ των οποίων η εισροή θρεπτικών ουσιών από τη Μαύρη Θάλασσα και από τα εισερχόμενα ποτάμια νερά στα βόρειο και

βορειοδυτικά του Αιγαίου. Επιπλέον, ο αυξανόμενος ευτροφισμός σε ορισμένους στενούς κόλπους όπως ο Σαρωνικός και ο Θερμαϊκός αύξησαν επίσης την παραγωγικότητα τους, δίνοντας έναυσμα για την αύξηση της αλιευτικής προσπάθειας στο Αιγαίο. Ο δείκτης D/P εμφάνισε μικρές διακυμάνσεις χωρίς τάση κατά τη διάρκεια όλων των ετών. Από την άλλη πλευρά οι Tsikiras & Stergiou (2007) επισήμαναν τη μείωση του δείκτη D/P για το νοτιοανατολικό και το δυτικό / κεντρικό Αιγαίο από το 1964 έως το 2003, ενώ για το βόρειο Αιγαίο μείωση του δείκτη σημειώθηκε μόνο για το χρονικό διάστημα από το 1990 έως το 2003. Υποδεικνύοντας έτσι την κυριαρχία των πελαγικών ειδών και κυρίως της σαρδέλας *S. pilchardus* και του γαύρου *E. encrasicolus* στο βόρειο Αιγαίο σε σύγκριση με την κυριαρχία των παραβενθικών στο νότιο Αιγαίο.

Η περιοχή της Λεβαντίνης (3.2) χαρακτηρίζεται από μια στενή υφαλοκρηπίδα, μεγάλο βάθος και χαμηλό επίπεδο βιολογικής παραγωγικότητας, λόγω της χαμηλής θρεπτικής σύστασης του νερού (Psarra et al. 2000). Στο παρελθόν, ο ποταμός Νείλος παρείχε εποχιακή εισροή ιζημάτων και θρεπτικών, που έχουν όμως μειωθεί δραστικά μετά την κατασκευή του φράγματος του Σουάν, με άμεσες επιπτώσεις για τα πελαγικά αποθέματα, των οποίων οι εκφορτώσεις μειώθηκαν σημαντικά. Σήμερα η θάλασσα της Λεβαντίνης αποτελεί σημείο εκμετάλλευσης για τους στόλους πολλών χωρών, με της Αιγύπτου και της Τουρκίας να συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο αριθμό, επιβεβαιώνοντας τον έντονο ρυθμό μείωσης του δείκτη D/P από το 1978 έως το 2005.

Στην περιοχή της Θάλασσας του Μαρμαρά (4.1) ο δείκτης εμφάνισε σταθερότητα σε χαμηλές τιμές, εν αντιθέσει με την κυρίως Μαύρη Θάλασσα (4.2), στην οποία ο δείκτης παρουσίασε μείωση με έντονες διακυμάνσεις λαμβάνοντας τη μικρότερη μέση τιμή από $0,04 \pm 0,018$ από το 2000 έως το 2005. Από τη μελέτη των Tokarev & Shulman (2007) τονίστηκαν οι δραματικές αρνητικές αλλαγές που έχει

υποστεί το οικοσύστημα και η ποικιλομορφία της Μαύρης Θάλασσας από το 1970 έως τα τέλη του 1980, με συνέπειες που γίνονται εμφανείς ακόμη και σήμερα. Ακόμη, σε παρόμοια εργασία που έχει πραγματοποιηθεί για τη Μαύρη Θάλασσα ο δείκτης παρουσιάζει αυξητική τάση από τις αρχές του 1970, λαμβάνοντας τη μέγιστη τιμή του το 1990. Στα επόμενα έτη ο δείκτης μειώθηκε με αργό ρυθμό, παίρνοντας την ελάχιστη τιμή του το 2002, ενώ από το 2001 έως το 2005 ο δείκτης D/P εμφάνισε αυξητική τάση (Penino et al. 2011). Τέλος, η υποπεριοχή της Αζοφικής θάλασσας (4.3) είναι η μοναδική περιοχή, στην οποία εμφανίζεται αύξηση του δείκτη D/P, με τρία μέγιστα το 1990, το 1999 και το 2005, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στην επιλεκτική αφαίρεση των πελαγικών ειδών.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η υπεραλίευση των μεγάλων σε μέγεθος σαρκοφάγων ψαριών διαταράσσει τη δομή και τη λειτουργία του θαλάσσιου οικοσυστήματος, με αποτέλεσμα την επικράτηση των μικρών σε μέγεθος ειδών, τα οποία είναι ευαίσθητα στις περιβαλλοντικές διακυμάνσεις (Daskalov et al. 2007, Casini et al. 2008). Έτσι, οι αλιείς στρέφονται πλέον στα μικρότερα σε μέγεθος ψάρια, που βρίσκονται χαμηλότερα στο τροφικό πλέγμα, με ανυπολόγιστες επιπτώσεις στα αποθέματα, αφού τα μικρά σε μέγεθος ψάρια αποτελούν σε πολλές περιπτώσεις την τροφή των μεγάλων πελαγικών ή άλλων ψαριών (Pauly et al. 1998, Pauly & Maclean 2003). Ακόμη, η επιλεκτική αφαίρεση των μεγάλων ειδών μπορεί να τροποποιήσει τα εξελικτικά χαρακτηριστικά ενός αποθέματος (Law 2000) και ενδεχομένως και το γενότυπο του.

Η επιλεκτική αφαίρεση των παραβενθικών οργανισμών έχει αναφερθεί από το 1998 μέσω της δημοσίευσης των Pauly et al. (1998), με την εργασία για τη συρρίκνωση προς τα κάτω των θαλάσσιων τροφικών πλεγμάτων (Fishing down the marine food web). Στην μελέτη τους χρησιμοποιήθηκαν οι συλλήψεις και τα τροφικά

επίπεδα από όλα τα είδη ή τις ομάδες ειδών που συμβάλουν στην παγκόσμια αλιεία και απέδειξαν ότι το μέσο τροφικό επίπεδο (TL) έχει μειωθεί σημαντικά από το 1973 έως το 1994, με ρυθμό περίπου 0,1 TL ανά δεκαετία, χωρίς να έχουν αυξηθεί οι εκφορτώσεις. Αυτό ίσχυε τόσο για τα θαλάσσια όσο και για τα γλυκού νερού αλιεύματα για την πλειονότητα των ωκεάνιων περιοχών. Το φαινόμενο αυτό επιβεβαιώνει τη μείωση του δείκτη D/P στις υποπεριοχές των Βαλεαρίδων, της Σαρδηνίας, της Αδριατικής, του Ιονίου, της Λεβαντίνης και της κυρίως Μαύρης Θάλασσας.

Από την άλλη πλευρά, οι Essington et al. (2006) περιέγραψαν τη μείωση του μέσου τροφικού επιπέδου εξαιτίας της προσθήκης αλιευμάτων χαμηλού τροφικού επιπέδου και όχι της μείωσης των ειδών υψηλού τροφικού επιπέδου, χρησιμοποιώντας τον όρο “Fishing through the marine food webs”. Συγκεκριμένα, ο όρος αναφέρεται σε δύο παραδοχές, είτε στη διαδοχική αντικατάσταση των ειδών υψηλού τροφικού επιπέδου και αξίας με μικρότερου τροφικού επιπέδου, είτε στη διαδοχική προσθήκη ειδών χαμηλού τροφικού επιπέδου μέσα σε ένα οικοσύστημα, καθώς επισημαίνεται ότι η αλιεία ειδών υψηλού τροφικού επιπέδου διατηρείται παρά τη μείωση του συνολικού μέσου τροφικού επιπέδου των εκφορτώσεων. Με βάση την άποψη αυτή, μπορεί να αιτιολογηθεί η αύξηση του δείκτη D/P στην υποπεριοχή της Αζοφικής, καθώς και οι υποπεριοχές του Κόλπου των Λεόντων, του Αιγαίου και του Μαρμαρά, στις οποίες παρατηρήθηκε διακύμανση χωρίς τάση του δείκτη D/P.

Ακόμη, η επιλεκτική αφαίρεση των παραβενθικών οργανισμών αποδεικνύεται και από την αλίευσή τους με τα συρόμενα αλιευτικά εργαλεία, καθώς θεωρούνται από τις πιο μεγάλες παγκόσμια ανθρωπογενείς πηγές διαταραχών στον πυθμένα της θάλασσας και τους οργανισμούς του (Watling & Norse 1998, Auster & Langton 1999, Kaiser et al. 2006). Οι συνολικές επιπτώσεις των αλιευτικών εργαλείων

εξαρτώνται από την κατανομή και την ένταση της αλιευτικής προσπάθειας. Οι επιπτώσεις της αλιείας από τα συρόμενα αλιευτικά εργαλεία εξαρτώνται από το ενδιαίτημα άλλα σε γενικές γραμμές μπορεί να χαρακτηριστεί ως ομογενοποίηση των ετερογενών ενδιαιτημάτων που οδηγεί σε μείωση της βιομάζας, των μεγεθών του σώματος, της παραγωγής και της ποικιλομορφίας (Gray et al. 2006). Οι άμεσες επιπτώσεις της αλιείας με τράτες εμπίπτουν στο ενδιαίτημα και έχουν χρόνιες επιδράσεις σε ένα ευρύ φάσμα των ενδιαιτημάτων με ευρύτερες συνέπειες για το οικοσύστημα (Tanner 2005, Dounas et al. 2007, Tillin et al. 2006).

Οι διαταραχές εξαιτίας των συρόμενων αλιευτικών εργαλείων μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές στη δομή και τη λειτουργία του τροφικού πλέγματος (Allen & Clarke 2007). Η ανάκαμψη των ειδών και των ενδιαιτημάτων μετά τη διαταραχή είναι συχνά αργή, καθώς απαιτούνται δεκαετίες (Watling & Norse 1998). Η αλιεία με τράτες έχει αναφερθεί ότι διαταράσσει τα παραβενθικά είδη και τα ενδιαιτήματα και μπορεί να μειώσει την ποικιλομορφία, τη βιομάζα και την παραγωγή (Hall 1999, Kaiser & De Groot 2000).

Ιστορικά, τα αλιευτικά εργαλεία αφαιρούν επιλεκτικά τα μεγάλα είδη και τα μεγάλα άτομα μέσα σε ένα είδος (Birkeland & Dayton 2005). Τα μεγάλα είδη, μεγαλώνουν πιο αργά, ωριμάζουν αργότερα και έχουν χαμηλότερο ποσοστό αύξησης, γεγονός που δυσχεραίνει τη γρήγορη αναπλήρωση των πληθυσμών τους από την αλιευτική εκμετάλλευση (Jennings et al. 2001, Stergiou & Tsikliras 2011). Ακόμη, η μετατόπιση από τα μεγαλύτερα στα μικρότερα είδη και άτομα αντικατοπτρίζεται στο μέσο τροφικό επίπεδο, λόγω της συσχέτισης του μήκους σώματος και του τροφικού επιπέδου με εξαίρεση τους καρχαρίες που τρέφονται με πλαγκτό.

Από την άλλη πλευρά, επιλεκτική αφαίρεση υφίστανται και τα πελαγικά αποθέματα καθώς αλιεύονται από κυκλικά αλιευτικά εργαλεία. Τα αλιευτικά εργαλεία, κυρίως τα γρι – γρι στοχεύουν σε υψηλές αναλογίες χαμηλού τροφικού επιπέδου, που αποτελούν τη βασική λεία για τους θηρευτές (Coll et al. 2006). Η μείωση της βιομάζας των αποθεμάτων σε χαμηλά τροφικά επίπεδα μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα της αλιείας, αν και τα πελαγικά ψάρια αποτελούν είδη με γρήγορο ρυθμό αύξησης, υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό, τα οποία είναι σε θέση να ανταποκρίνονται γρήγορα στις αλλαγές.

Η εκτεταμένη μείωση και η κατάρρευση των παραβενθικών αποθεμάτων έχει πυροδοτήσει ανησυχίες για τις επιπτώσεις της υπεραλίευσης. Στοιχεία από τα παράκτια οικοσυστήματα υποδεικνύουν ότι οι απώλειες των μεγάλων ατόμων έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο οικοσύστημα (Myers & Worm 2003). Ακόμη, δεδομένα που προέρχονται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) δείχνουν τη μείωση των παγκόσμιων αλιευμάτων και τη σταθερή μείωση του μέσου τροφικού επιπέδου, η οποία είναι αποτέλεσμα της κατάργησης των ειδών υψηλού τροφικού επιπέδου. Τεκμηριωμένες αλλαγές στη δομή των παραβενθικών κοινοτήτων έχουν επισημανθεί από τους Pauly (1979), Sainsburg et al. (1997) και Haedrich & Barnes (1997).

Ο βαθμός εκμετάλλευσης των αποθεμάτων της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας έχει αποδεδειγμένα αυξηθεί κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Από πρόσφατη μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί από την Ντινούλη (2012), βρέθηκε ότι σε όλες τις αλιευτικές υποπεριοχές το αθροιστικό ποσοστό των υπεραλιευμένων και εξαντλημένων αποθεμάτων ξεπερνούσε το 50%. Τονίζοντας ότι οι υποπεριοχές του Κόλπου των Λεόντων (1.2), του Αιγαίου (3.1), του Μαρμαρά (4.1) και της κυρίως Μαύρης Θάλασσας ήταν αυτές που δέχονται την υψηλότερη αλιευτική εκμετάλλευση

αφού το ποσοστό των υπεραλιευμένων και εξαντλημένων αποθεμάτων ξεπερνούσε το 75%. Απεναντίας, οι υποπεριοχές της Αδριατικής (2.1) και των Βαλεαρίδων (1.1) εμφάνισαν το μικρότερο ποσοστό. Η υποπεριοχή της Αδριατικής παρουσιάζει φαινόμενα ευτροφισμού που οφείλονται στο μεγάλο αριθμό αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων από τις εκβολές των ποταμών και κυρίως του ποταμού Πάδου (Agostini et al. 2000). Αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του φυτοπλαγκτού και γενικά της παραγωγικότητας της περιοχής. Για τις τρεις υποπεριοχές της Μαύρης Θάλασσας (4.1, 4.2, 4.3) το ποσοστό των πλήρως εκμεταλλευόμενων αποθεμάτων σημειώθηκε χαμηλό και σχετικά σταθερό μεταξύ των τριών υποπεριοχών.

Κύρια αιτία της υπεραλίευσης θεωρείται η αύξηση της συνολικής αλιευτικής προσπάθειας (Anticamara et al. 2011). Οι επιπτώσεις της υπεραλίευσης οδηγούν σε οικολογικές προσαρμογές και εξελικτικές τάσεις που ευνοούν είδη με μικρή διάρκεια ζωής, γρήγορο ρυθμό αύξησης, μικρό μήκος γεννητικής ωρίμανσης, μικρό μέγεθος και υψηλή παραγωγικότητα (Pauly et al. 1998). Τα είδη αυτά είναι λιγότερο ευάλωτα στην αλιευτική πίεση και ανακάμπτουν άμεσα έπειτα από μείωση τους λόγω της υπεραλίευσης.

Οι συνέπειες της υπεραλίευσης περιλαμβάνουν τη μείωση και κατάρρευση των αλιευτικών αποθεμάτων, τη μείωση της βιοποικιλότητας, τον περιορισμό της χωρικής κατανομής των αποθεμάτων και επιδράσεις στη δομή και λειτουργία ολόκληρου του οικοσυστήματος (Στεργίου και συν. 2011).

Μεγάλη ευθύνη για τη συρρίκνωση των θαλάσσιων τροφικών πλεγμάτων φέρουν τα συρόμενα αλιευτικά εργαλεία και κυρίως οι τράτες βυθού, καθώς θεωρούνται από τις πιο μεγάλες παγκόσμια ανθρωπογενείς πηγές διαταραχών στον

πυθμένα της θάλασσας και τους οργανισμούς του. Οι διαταραχές εξαιτίας των συρόμενων αλιευτικών εργαλείων μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές στη δομή και τη λειτουργία του τροφικού πλέγματος.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τη διερεύνηση του δείκτη D/P διαπιστώθηκε η υπεραλίευση που υφίστανται ορισμένες περιοχές της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας, καθώς τα αποθέματα αυτών των περιοχών βασίζονται ολοένα σε οργανισμούς χαμηλού τροφικού επιπέδου. Συμπερασματικά, στις υποπεριοχές των Βαλεαρίδων (1.1), της Σαρδηνίας (1.3), της Αδριατικής (2.1), του Ιονίου (2.2), της Λεβαντίνης (3.2) καθώς και στην υποπεριοχή της κυρίως Μαύρης Θάλασσας (4.2) ο δείκτης εμφανίζεται να μειώνεται, συνεπώς κυριαρχούν τα μικρότερα σε μέγεθος πελαγικά είδη. Στις υποπεριοχές του Κόλπου των Λεόντων (1.2), του Αιγαίου (3.1) και του Μαρμαρά (4.1) παρατηρείται διακύμανση χωρίς τάση, ενώ αντιθέτως η υποπεριοχή της Αζοφικής (4.3) αποτελεί τη μοναδική υποπεριοχή που παρατηρείται αύξηση του δείκτη D/P, δηλαδή η ποσοστιαία αναλογία των πελαγικών ψαριών αυξάνεται σε σχέση με τα παραβενθικά. Από τα αποτελέσματα της έρευνας αποδεικνύεται ότι οι υποπεριοχές της Σαρδηνίας και της Αδριατικής είναι οι πιο υπεραλιευμένες υποπεριοχές και τα αποθέματα των παραβενθικών δέχονται εντονότερη αλιευτική πίεση. Στις υποπεριοχές της Μεσόγειο και της Μαύρης Θάλασσας η αύξηση της εκμετάλλευσης των αλιευτικών αποθεμάτων έχει αλλάξει και απλοποιήσει τη δομή του τροφικού πλέγματος κατά την πάροδο του χρόνου, ιδίως με τη μείωση του ποσοστού των κορυφαίων θηρευτών και μεγάλου μεγέθους ψαριών και την ταυτόχρονη αύξηση της αφθονίας των μη εμπορικών ειδών από χαμηλότερα τροφικά επίπεδα.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1.Ελληνική βιβλιογραφία

Ντινούλη Α. (2012) Πρότυπα εκμετάλλευσης των αποθεμάτων στις αλιευτικές υποπεριοχές της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας. Προπτυχιακή διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 78

Στεργίου Ι.Κ., Καραχλέ Π.Κ., Τσίκληρας Α., Μαμαλάκης Η. (2011) Κραυγή ιχθύος, σελ. 358

6.2.Ξένη βιβλιογραφία

Agostini V.N., Moreno J.I., Caddy J.F., Carocci F. (2000) Is the pelagic-demersal ratio from fishery landings a useful proxy for nutrient availability? A preliminary data exploration for the semi-enclosed seas around Europe. ICES Journal of Marine Science, 57: 1091–1102

Allen J.I., Clarke K.R. (2007) Effects of demersal trawling on ecosystem functioning in the North Sea: a modeling study. Marine Ecology Progress Series, 336: 63-75

Anticamara J.A., Watson R., Gelchu A., Pauly D. (2011) Global fishing effort (1950-2010): Trends, gaps and implications. Fisheries Research, 107(1-3): 131-136

Auster P.J., Langton R.W. (1999) The effects of fishing on fish habitat. American Fisheries Society Symposium, 22: 150- 87

Bertrand J.A. (2003). Fisheries and related indicators of fisheries resources and ecosystem: towards an application in the Mediterranean. Hellenic Symposium in Oceanography and Fishes, pp 5–10

Bianchi C.N., Morri C. (2000) Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. Marine Pollution Bulletin, 40 (5): 367–376

- Birkeland C., Dayton P.K. (2005) The importance in fishery management of leaving the big ones. *Trends Ecol Evol*, 20(7): 356–358
- Bozzano A., Recasens L., Sartor P., (1997). Diet of the European hake *Merluccius merluccius* (Pisces: Merluciidae) in the Western Mediterranean (Gulf of Lions). *Scientia Marina*, 61(1): 1–8
- Briand F. (2000) Fishing down the Mediterranean food webs? In: CIESM Workshop Series, pp 99
- Caddy J.F. (1993) Some future perspectives for the assessment and management of Mediterranean fisheries. *Scientia Marina*, 57: 121–130
- Casini M., Lovgren J., Hjelm J., Cardinale M., Molinero J.C., Kornilovs G. (2008) Multi-level trophic cascades in a heavily exploited open marine ecosystem. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275: 1793–1801
- Chen Yong, Chen Liqiao, Stergiou K.I. (2001) Impacts of data quantity on fisheries stock assessment. *Aquatic Sciences*, 65: 1-7
- Christensen V, Guenette S, Heymans J.J., Walters C.J., Watson R., Zeller D., Pauly D. (2003) Hundred – year decline of North Atlantic predatory fishes. *Fish and Fisheries*, 4: 1-24
- Christensen V. (1995) Ecosystem maturity – towards quantification. *Ecological Modelling*, 77: 3–32
- Christensen V., Pauly D. (1992) The ECOPATH II a software for balancing steadystate ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modelling*, 61: 169–185
- Christensen V., Walters C. (2004) Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecological Modelling*, 172(2-4): 109–139

- Coll M., Santojanni A., Palomera I., Arneri E. (2009) Food-web changes in the Adriatic Sea over the last three decades. *Marine Ecology Progress Series*, 381: 17–37
- Coll M., Palomera I., Tudela S., Sarda F. (2006) Trophic flows, ecosystem structure and fishing impacts in the South Catalan Sea, Northwestern Mediterranean. *Journal of Marine Systems*, 59: 63-96
- Coll M., Piroddi C., Albouy C., Frida Ben Rais L., William W.L.C., Christensen V., Karpouzi V.S., Guilhaumon F., Mouillot D., Paleczny M., Palomares M.L., Steenbeek J., Pablo T., Watson R., Pauly D. (2011) The Mediterranean Sea under siege: spatial overlap between marine biodiversity, cumulative threats and marine reserves. *Global Ecology and Biogeography*, 21(4): 465-480
- Coll M., Piroddi C., Steenbeek J. (2010) The Biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats.
- Coll, M., Palomera, I., Tudela, S. and Dowd, M. (2008) Food-web dynamics in the south Catalan Sea ecosystem (NW Mediterranean) for 1978–2003. *Ecological Modelling*, 217: 95–116
- Daskalov G.M., Grishin A.N., Rodionov S., Mihneva V. (2007) Trophic cascades triggered by overfishing reveal possible mechanisms of ecosystem regime shifts. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 104: 10518–10523
- Dounas C., Davies I., Triantafyllou G., Koulouri P., Petihakis G., Arvanitidis C., Sourlatzis G. Eleftheriou A. (2007) Large – scale impacts of bottom trawling on shelf primary productivity. *Continental Shelf Research*, 27(17): 2198-2210

- Farrugio, H., Oliver, P., Biagi, F. (1993) An overview of the history, knowledge, recent and future research trends in Mediterranean fisheries. *Scientia Marina*, 57: 105-119
- Fortibuoni T., Bahri T., Camilleri M., Garofalo G., Gristina M., Fiorentino F. (2010) Nursery and spawning areas of deep-water rose shrimp, *Parapenaeus longirostris* (Decapoda: Penaeidae), in the Strait of Sicily. *Journal of Crustacean Biology*, 30: 167–174
- Gay J.S., Dayton P., Thrush S., Kaiser (2006) On effects of trawling, benthos and jampling design. *Marine pollution Bulletin*, 52: 840-843
- Haedrich R.L., Barnes S.M. (1997) Changes over time of the size structure in an exploited shelf fish community. *Fisheries Research*, 31: 229–239
- Hall, S.J. (1999) *The Effects of Fishing on Marine Ecosystems and Communities*. Blackwell Science, Oxford
- Hidalgo M., Massuti E., Guijarro B. (2009). Population effects and changes in life history traits in relation to phase transitions induced by long-term fishery harvesting: European hake (*Merluccius merluccius*) off the Balearic Islands. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 1355 – 1370
- Hilborn R., Walters C.J. (1992) *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman & Hall, New York, pp 570
- Jackson J.B.C., Kirby M.X., Berger W.H., Bjorndal K.A., Botsford L.W., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R., Erlandson J., Estes J.A., Hughes T.P., Kidwell S., Lange C.B., Lenihan H.S., Pandolfi J.M., Peterson C.H., Steneck R.S., Tegner M.J., Warner R.R. (2001) Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293: 629–638

- Jennings (2005). Indicators to support an ecosystem approach to fisheries. *Fish and Fisheries*, 6: 212-332
- Jennings S., Dinmore T.A., Duplisea D.E., Warr K.J., Lancaster, J.E. (2001) Trawling disturbance can modify benthic production processes. *Journal of Animal Ecology*, 70: 459–475
- Kaiser M.J., De Groot S.J. (2000) *The Effects of Fishing on Non-Target Species and Habitats: Biological, Conservation Socio-Economic Issues*. Blackwell Science, Oxford
- Kaiser W., Schultz M., Gregoire J., Textor C., Sofiev M., Etienne B., Leroy M., Engelen R., Hollingsworth A. (2006) Observation requirements for global biomass burning emission monitoring. *Meteorological Satellite Conference*, pp 1-8
- Kormas K.A., Nicolaidou A., Reizopoulou S. (2001) Temporal variations of nutrients, chlorophyll a and particulate matter in three coastal lagoons of Amvrakikos gulf (Ionian Sea, Greece). *Marine Ecology*, 22(3): 201-213
- Law R. (2000) Fishing, selection and phenotypic evolution. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 659-668
- Libralato S., Pranovi F., Raicevich S., Da Ponte F., Giovanardi O., Pastres R., Torricelli P., Mainardi D. (2004) Ecological stages of the Venice Lagoon analyzed using landing time series data. *Journal Marine System*, 51: 331–344
- Lindeman R.L. (1942) The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 23: 399–418
- Lleonart J., Maynou F. (2003) Fish stock assessment in the Mediterranean: state of the art. In: Ulltang, O., Blom, G., *Fish stock assessments and predictions: integrating relevant knowledge*. *Scientia Marina*, 67: 37–49

- Lotze H.K., Coll M., Dunne J.A. (2011) Historical changes in marine resources, food-web structure and ecosystem functioning in the Adriatic sea. *Mediterranean. Ecosystems*, 14: 198–222
- Moncheva S., Gotsis – Skretas O., Pagou K., Krastev A. (2001) Phytoplankton Blooms in Black Sea and Mediterranean Coastal Ecosystems Subjected to Anthropogenic Eutrophication: Similarities and Differences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53: 281–295
- Myers R.A., Worm B (2003) Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423: 280–283
- Odum E.P. (1969) The strategy of ecosystem development. *Science*, 104: 262–270
- Papaconstantinou C., Farrugio H. (2000) Fisheries in the Mediterranean. *Mediterranean Marine Science*, 1(1): 5–18
- Pauly D, Maclean J (2003) In a Perfect Ocean: The State of Fisheries and Ecosystems in the North Atlantic Ocean
- Pauly D., Christensen V. (1995) Fish production, catches and the carrying capacity of the world oceans. *Naga*, 18(3): 34–40
- Pauly D., Christensen V. (1996) ECOPATH models of coral reef ecosystems, pp 137–144
- Pauly D., Christensen V., Dalsgaard J., Froese R., Torres Jr., F. (1998a) Fishing down marine food webs. *Science*, 279: 860–863
- Pauly D., Christensen V., Froese R., Palomares M.L. (2000a) Fishing down aquatic food webs. *American Science*, 88: 46–51
- Pauly D., Christensen V., Guenette S., Pitcher T.J., Sumaila U.R., Walters, C.J. (2002) Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418: 689–695

- Pauly D., Christensen V., Walters C. (2000) Ecopath, ecosim and ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 697–706
- Pauly D., Froese R., Christensen V. (1998) Response to Caddy et al. How pervasive is fishing down marine food webs? *Science*, 282: 1384–1386
- Pauly D., Tyedmers P., Froese R. and Liu L.Y. (2001) Fishing down and farming up the food web. *Conservation Biology in Practice*, 2:25
- Pinnegar J.K., (2000) Planktivorous fishes: links between the Mediterranean littoral and pelagic. PhD Thesis, University of Newcastle upon Tyne, UK. pp 213
- Pinnegar K.J., Polunin V.C.N. (2004) Predicting indirect effects of fishing in Mediterranean rocky littoral communities using a dynamic simulation model. *Ecological Modelling*, 172: 249-267
- Psarra S., Tselepides A., Ignatiades L. (2000) Primary productivity in the oligotrophic Cretan Sea (NE Mediterranean): seasonal and interannual variability. *Progress in Oceanography* 46: 187–204
- Quin II, T.J., Deriso R.B. (1999) Quantitative fish dynamics. Oxford University Press, New York
- Restrepo V.R. (1999) Providing scientific advice to implement the precautionary approach under the Magnuson-Stevens Fisheries Conservation and Management Act. Proceedings of the Fifth National NMFS Stock Assessment Workshop, NOAA Technical Memorandum, NMFS-F/SPO-40
- Shannon L.J., Coll M., Neira S. (2009) Exploring the dynamics of ecological indicators using food web models fitted to time series of abundance and catch data. *Ecological Indicators*, 9: 1078-1095

- Shepherd J.G. (1988) Fish stock assessments and their data requirements. In Gulland, J.A. Fish Population Dynamics, pp 35-62
- Stergiou K.I. (2002) Overfishing, tropicalization of fish stocks, uncertainty and ecosystem management: resharpening Ockham's razor. *Fisheries Research*, 55: 1-9
- Stergiou K.I. Christou E.D., Zentos A., Georgopoulos D., Souvermezoglou A. (1997) The Hellenic seas: physics, chemistry, biology and fisheries. *Oceanography Marine Biology*, 35: 415-538
- Stergiou K.I., Koulouris M. (2000) Fishing down the marine food webs in the Hellenic seas. In: *Proceedings of a CIESM Workshop, Kerkyra, Greece*, pp 73-78
- Tacon A.C.G., Metian M. (2009) Fishing for feed or fishing for food: Increasing global competition for small pelagic forage fish. *Ambio*, 38(6): 294–302
- Tillin H.M., Hiddink J.G., Jennings S, Kaiser M.J. (2006) Chronic bottom trawling alters the functional composition of benthic invertebrate communities on a sea-basin scale. *Marine Ecology Progress Series*, 318: 31–45
- Tokarev Y., Shulman G. (2007) Biodiversity in the Black Sea: effects of climate and anthropogenic factors. *Hydrobiologia*, 580: 23–33
- Tsikliras A.C., Stergiou K.I. (2007) Demersal-Pelagic ratio in Greek fish landings (1964-2003)
- Ulanowicz R.E., Puccia C.J. (1990) Mixed trophic impacts in ecosystems. *Coenoses*, 5: 7–16
- Walters C., Christensen V., Pauly D. (1997) Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Rev. Fish Biol. Fish*, 7: 139–17

- Watling L, Norse E (1998) Disturbance of the seabed by mobile fishing gear a comparison to forest clear cutting. *Conservation Biology*, 12: 1180–1197
- Worm B., Barbier E.B., Beaumont N., Duffy J.E., Folke C., Halpern B.S., Jackson J.B.C., Lotze H.K., Micheli F., Palumbi S.R., Sala E., Selkoe K.A., Stachowicz J., Watson R. (2006) Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314: 787–790

6.3 Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

http₁: www.ecopath.org (Πρόσβαση: 5-8-2011)

http₂: <http://panosz.wordpress.com/2010/08/05/sxoliasths-mesogeios-1/> (Πρόσβαση: 11-6-2012)

http₃: <http://el.science.wikia.com> (Πρόσβαση: 11-6-2012)

7. ABSTRACT

Demersal-pelagic ratio of Mediterranean and Black Sea fishes

Demersal-pelagic ratio (D/P) is an ecosystem indicator that has been used to assess the effect of fisheries on organisms and ecosystems by measuring which species are removed at a higher rate from the sea.

In the present work the D/P ratio (based on the official records of the Food and Agricultural Organization, FAO) derived from the seven fishing subareas of the Mediterranean and the three subareas of the Black Sea, was estimated for the period 1970-2005. Benthopelagic and benthic species were grouped together with demersal ones. In the combined dataset of the Mediterranean and the Black Sea (i. e., all fishing subareas), the D/P ratio was constant with small fluctuations for the period 1970-1989 (mean D/P=0.17), increased to its maximum value in 1991 (D/P=0.34) and declined thereafter. The D/P ratio declined in five Mediterranean fishing subareas (Balearic islands, Sardinia, Adriatic, Ionian and Levantine) and fluctuated without any trend in two (Lions Gulf and Aegean).

As far as the Black Sea is concerned, the D/P ratio declined in the main Black Sea, increased in Azov Sea and fluctuated without any trend in Marmara Sea. In general, a decline in D/P shows that the organisms living near or on the seabed are declining in biomass compared to those inhabiting the pelagic zone. Hence, fisheries catches are gradually relying on smaller, lower trophic level organisms such as the European sardine *Sardina pilchardus* and anchovy *Engraulis encrasicolus*.

Low D/P values also imply that, in most areas, the demersal, benthic and benthopelagic species are overexploited by bottom-trawlers and that the large pelagic stocks are either declining or remain stable.

Keywords: catches, Mediterranean, Black Sea.